제1편 공 통 편

제1장 성능평가 개요
제2장 자료수집 및 분석
제3장 현장조사 및 시험
제4장 성능평가기준 및 방법
제5장 시설물의 유지관리 전략 제안

제 1 장 성능평가 개요

1.1 성능평가의 목적
1.2 과업의 범위 및 내용
1.3 성능평가수행 일정
1.4 대상시설물 개요
1.5 사용장비 및 시험기기의 현황
1.6 교량기호 정의

제 1 장 성능평가 개요

1.1 성능평가의 목적

본 과업「시설물의 안전 및 유지관리의 실시 세부지침(성능평가 편)(이하「세부지침」이라 한다)은 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」(이하「법」이라 한다) 제43조 및 같은 「법」 시행령(이하「영」이라 한다) 제30조 및 같은 「법」 시행규칙(이하 「규칙」이라 한다) 제32조에 따라 「시설물의 안전 및 유지관리의 실시 등에 관한 지침」(이하「지침」이라 한다)에서 정하는 성능평가의 절차 및 실시방법, 유지관리 등에 관한 필요사항을 시설물별로 보다 상세히 제시하고 그 실시요령을 정하여 시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진시킴과 더불어 과학적 유지관리를 체계화하는데 그 목적이 있다.

1.2 과업의 범위 및 내용

1.2.1 과업의 범위

1) 자료수집 및 분석
2) 현장조사 및 시험
3) 안전성능평가
4) 내구성능평가
5) 사용성능평가
6) 종합성능평가
7) 유지관리 전략 제안
8) 보고서 작성

1.2.2 과업수행기간

2024. 03. 21. ~ 2024. 09. 16.

1.2.3 과업의 내용

본 과업은 『시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침(성능평가 편)(2023.12. 국토교통부/국토안전관리원)』에 의거 수행하였으며, 과업 내용에 대한 세부사항은 다음과 같다.

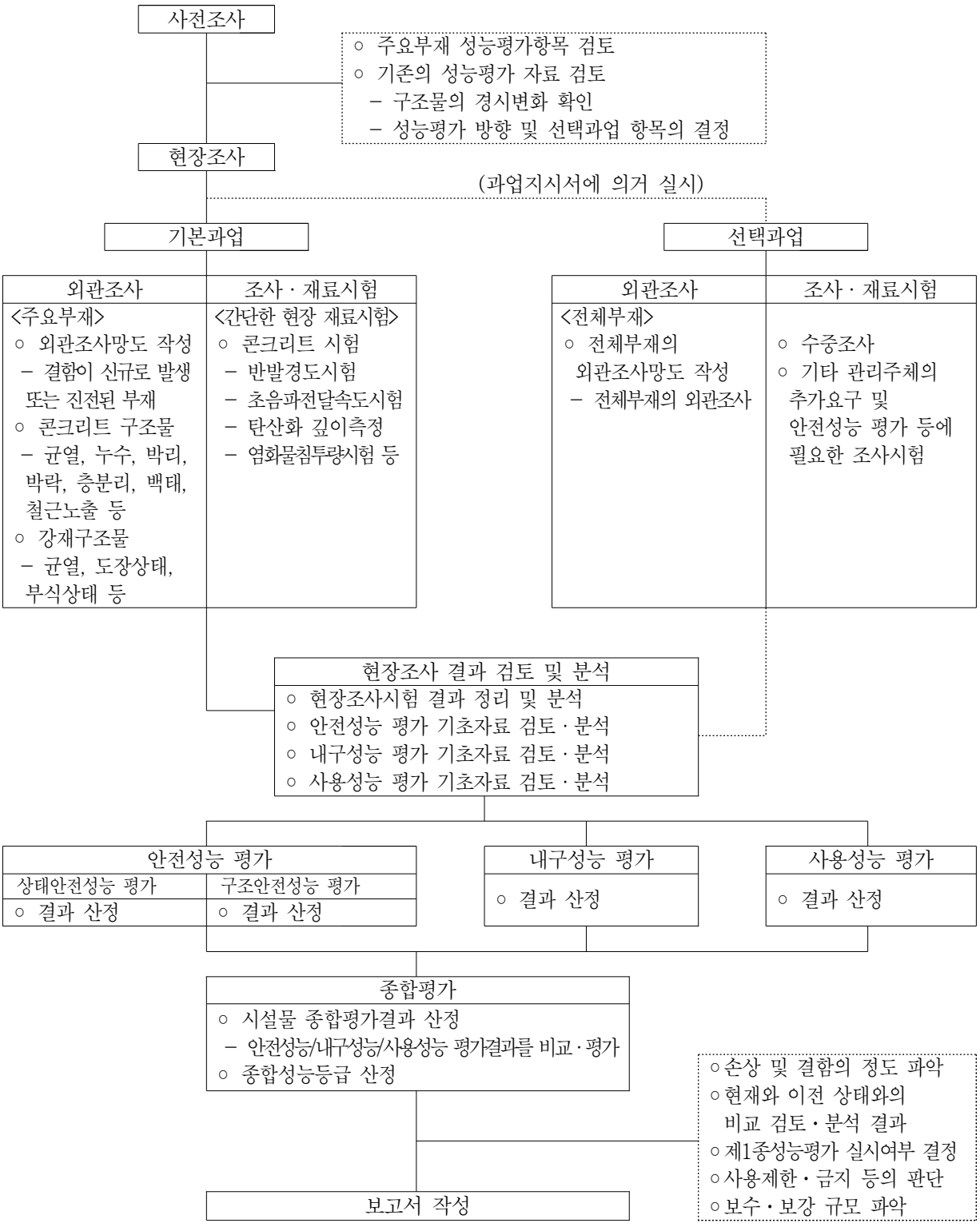
【표 1.2.1】 과업의 내용

과업의 범위		과 업 의 내 용	비고
사전조사		1) 준공도면, 구조계산서, 특별시방서, 수리 · 수문계산서, 유지관리지침서 2) 시공 · 보수도면, 제작 및 작업도면 3) 재료증명서, 품질시험기록, 재하시험 자료, 계측자료 4) 시설물관리대장 5) 시설물의 내구성능(염해 · 동해환경, 해안거리 등) 및 사용성능(사용자 편의성, 시설물의 수요 및 용량 등)에 대한 자료 6) 기존 정밀안전점검 및 정밀안전진단, 성능평가 실시결과 7) 보수 · 보강이력 및 유지관리 결과보고서	시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침 성능평가편 (2023.12) 적용
현장조사 및 시험	외관조사	1) 콘크리트 구조물 : 균열, 누수, 박리, 박락, 층분리, 백태, 철근노출 등 2) 강재 구조물 : 균열, 열화, 변형, 용접부 결함, 볼트부 결함 등	
	내구성 조사	1) 비파괴조사 – 반발경도법 의한 콘크리트 강도조사 – 전자기를 이용한 철근탐사 – 탄산화시험 – 도장두께 측정	
안전성능 평가	상태 안전성능	1) 외관조사 결과분석 2) 현장시험 및 재료시험 결과 분석 – 대상 시설물(부재)에 대한 상태안전성능 평가 –시설물 전체의 상태안전성능 결과에 대한 책임기술자의 소견	
	구조 안전성능	1) 기존 구조해석 자료를 통한 구조안전성능 결과 분석	
내구성능평가		1) 외관조사 결과분석 2) 현장시험 및 재료시험 결과 분석, 내구성능 관련 수집자료 검토 3) 사용재료에 대한 내구성능 평가 4) 시설물의 내구성능 평가 결과에 대한 책임기술자의 소견	
사용성능평가		1) 사용성능 관련 수집자료 검토 2) 사용환경 및 기능 등에 대한 사용성능 평가 3) 시설물의 사용성능 평가 결과에 대한 책임기술자의 소견	
종합평가		1) 안전성능, 내구성능, 사용성능 평가의 결과 분석 2) 전체적인 평가에 대한 책임기술자의 소견 3) 시설물의 종합성능등급 지정	
유지관리 전략제악		1) 시설물의 성능목표 및 성능평가 실시결과 검토 · 분석 2) 성능목표에 따른 보수 · 보강 방법 및 전략 제시	
보고서 작성		1) 보고서 작성 및 제출	

1.3 성능평가수행 일정

1.3.1 성능평가수행 절차

2종 성능평가 과업수행 흐름도는 다음과 같다.



【그림 1.3.1】 제2종 성능평가 과업수행 흐름도

1.3.2 성능평가수행 일정

본 과업을 위해 수행한 성능평가 과업 일정은 다음과 같다.

【표 1.3.1】성능평가 과업수행 일정

공 종	2024년 03월 21일 ~ 2024년 09월 16일													비 고
	3월		4월		5월		6월		7월		8월		9월	
	15	31	15	40	15	31	15	30	15	31	15	31	16	
1. 자료수집 및 분석 · 관계도서 수집 및 분석 · 현장답사 및 점검계획 수립														- 03/21 착수
2. 현장조사 및 시험 · 외관조사 · 재료시험 및 측정														- 현장조사 및 시험 - 구조물별 조사팀 운영 - 필요시 추가조사
3. 상태평가 · 상태평가 결과작성														- 현장조사와 내업작업 병행 실시
4. 종합평가 및 안전등급지정 · 종합평가 · 안전등급 지정														
5. 성능평가 · 성능평가														
6. 보수·보강 및 유지관리 방안 제시 · 보수·보강방안 제시 · 유지관리방안 제시														
7. 보고서 작성 · 보고서 작성 · 보고서 수정 및 납품														- 09/16 준공예정
공정율(%) 진행	5	10	10	10	15	10	10	5	5	5	5	5	5	
공정율(%) 누계	5	15	25	35	50	60	70	75	80	85	90	95	100	

1.4 대상시설물의 개요

1.4.1 대상시설물의 현황

본 과업 대상시설물의 현황은 다음과 같다.

순번	노선	시설물명	위 치	구조	연장(m)	차로수	준공년도	비고
1	45	칠곡교	경기도 안성시 원곡면 칠곡리 595-13	PC빔	270	4	2005	성능평가(내진포함)
2	45	고덕교	경기도 평택시 고덕면 동고리 287-3	STB	50	4	2005	정밀안전점검+성능평가
3	45	도곡2교	경기도 안성시 양성면 이현리 270-7	PC빔	120	4	2005	성능평가

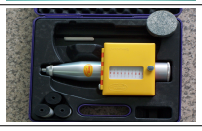
1.4.2 대상시설물의 이력사항

본 과업 대상시설물의 이력사항, 준공도면은 시설물편 각장 2절에 수록하였다.

1.5 사용장비 및 시험기기 현황

본 과업을 수행하기 위하여 사용한 주요 진단장비는 【표 1.5.1】와 같다.

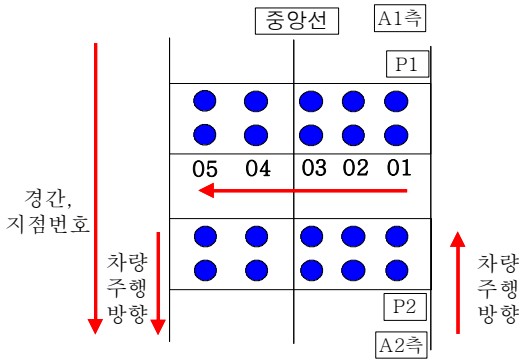
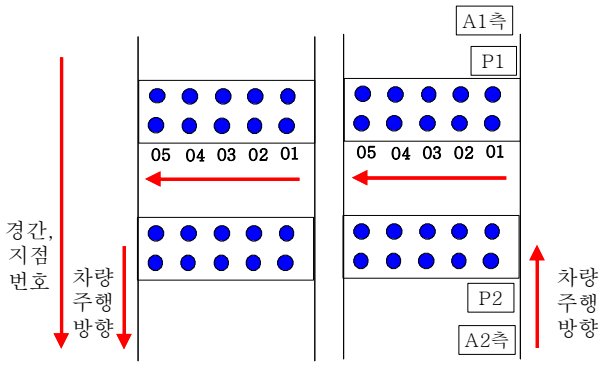
【표 1.5.1】주요 사용장비 및 시험기기 일반사항

수행장비	장비명	용 도	사 진
휴대 장비	줄 자	구조물 부재 치수 측정	
	디지털 카메라	구조물 현황 사진 촬영	
	균열폭 측정기	외관조사시 균열폭 측정	
	균열측정기	균열폭의 크기와 길이를 확대렌즈를 통해 육안으로 확인	
	버니어 캘리퍼스	부재 상세치수 측정	
	콘크리트 슈미트해머	콘크리트 강도조사	
	그라인더	비파괴 시험 실시 전 콘크리트 면처리	
비파괴 시험	햄머드릴	콘크리트 탄산화 조사	
	탄산화시험 SET	콘크리트 탄산화 조사	
	Rc-Radar	철근배근측정	
	도막두께 측정기	도막두께 측정	
접근 장비	고소 점검차(스카이)	외관조사시 근접조사	
	우마 사다리	외관조사시 근접조사	

1.6 교량기호의 정의

교량 시설물에 대한 외관조사를 수행함에 있어 아래와 같이 상부구조, 하부구조 및 기타 부재 등에 대한 위치별, 부재별 기호를 정의하여 과업의 효율성과 통일성을 기하고자 하였다.

【표 1.6.1】교량기호의 정의

부 재 구 분		사용기호	비 고
공 통	경 간	S	Span(시점에서 종점으로 순번)
	거 더	G	Main Girder
	바 닥 판	SL	Slab
	가 로 보	CB	Cross Beam
	교량받침	Sh	Shoe
	신축이음	EXP. J	Expansion Joint(시점에서 종점으로 순번)
하부구조	교 대	A	Abutment(시점에서 종점으로 순번)
	교 각	P	Pier(시점에서 종점으로 순번)
			
상하행 일치교량			상하행 분리교량

EX) S1 G1 P1

- P1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 교각
- G1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 좌측에서 우측으로 첫 번째 거더
- S1 : 시점에서 종점을 바라볼 때 첫 번째 경간

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

2.2 설계 및 시공자료

2.3 기존 정기·정밀안전점검 실시결과

2.4 보수·보강 이력 및 용도변경

2.5 내진설계 및 보강 여부

2.6 자료분석 결과요약

제 2 장 자료수집 및 분석

2.1 자료수집 현황

본 과업에 대한 조사자료는 주변현황 자료와 시설물의 설계, 시공 및 유지관리자료로 대별되며, 자료 분석을 통하여 과업 수행의 추진방향과 세부계획을 수립하였다.

또한, 본 과업 대상구조물의 관련자료를 수집·분석하여 구조물의 이력 확인, 결함 및 손상의 원인 분석, 손상의 변화 및 진행성 여부, 보수보강대책 및 유지관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용하였다.

2.1.1 자료수집 현황

본 구조물에 관련된 자료는 주로 설계 및 시공과 관련된 건설당시 자료와 구조물 준공 이후의 유지관리와 자료 등이며, 관리주체의 유지관리자료 보유 현황은 다음과 같다.

【표 2.1.1】 자료수집 현황

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비 고
설계도서	공 통 – 준공내역서, 공사시방서 – 각종계산서, 토질 및 지반조사 보고서 – 기타 특이사항 보고서	○	(FMS 보유)
	설계도면, 준공도면 – 위치도, 평면도, 단면도, 상하부 구조물도, 빔 상세도, 신축이음, 교량받침 상세도	○	(FMS 보유)
시설물 관리대장	기본현황, 상제제원, 유지관리 이력	○	(FMS 보유)
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 – 재료증명서 , 품질시험기록 – 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험기록 – 각종 시험 기록 ◦ 사고기록	○	(FMS 보유)
정기안전점검 및 정밀안전점검 자료		○	(FMS 보유)
성능평가 자료		2019년 2종 성능평가	
시설물 보수 · 보강 자료		○	

2.2 설계 및 시공자료

대상시설물은 준공도를 보유하고 있으며, 금회 준공도 참조하여 점검을 실시하였다. 검토여부는 각 시설물의 2절 자료수집 및 분석편에 수록하였다.

2.3 기존 정기·정밀안전점검, 성능평가 실시결과

각 시설물의 2절 자료수집 및 분석편에 수록하였다.

2.4 안전성능, 내구성능 및 사용성능 평가를 위한 자료수집 현황

각 시설물의 2절 자료수집 및 분석편에 수록하였다.

2.5 보수·보강 이력 및 용도변경

대상시설물은 보수·보강 이력 및 용도변경은 2절 자료수집 및 분석편에 수록 하였다.

2.6 내진설계 및 보강 여부

대상시설물은 내진설계 및 보강여부는 2절 자료수집 및 분석편에 수록하였다.

2.7 자료분석 결과요약

대상시설물은 준공도를 보유하고 있어 금회 점검시 참조하여 점검을 실시하였고, 상세내용은 각 시설물의 2절 자료수집 및 분석편에 수록하였다.

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개요
3.2 현장조사
3.3 재료시험

제 3 장 현장조사 및 시험

3.1 개 요

시설물의 평가를 적절히 수행하기 위하여 성능평가의 목적에 부합하는 현장 재료시험 및 실내시험을 실시하여야 하며 이를 위해 사전 현장조사, 도면 및 이전의 결과보고서 검토 등을 통하여 필요한 시험항목 및 시험횟수를 산정하여야 한다.

본 과업은 “시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법”(이하 ” 시설물안전법 “이라 한다.) 제11조 및 동법 시행령 제8조에 의한 정밀안전점검(시설물의 물리적·기능적 결함과 손상을 조사·측정하고 원인을 분석하여 신속하고 적절한 보수·보강방법 제시) 및 동법 제40조 및 동법 시행령 제28조에 의한 성능평가(시설물에 내재되어 있는 위험요인이나 시설물 기능 및 성능저하, 상태 등을 신속·정확하게 조사·평가하고, 그에 대한 적절한 성능확보를 취하여 재해 및 재난을 예방하며, 시설물의 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 보완·보전케 함으로써 시설물의 효용성을 증진)의 시행을 통한 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

재료시험 항목 및 수량은 성능평가 실시결과에 의한 시설물의 안전성능 또는 내구성능, 사용성능 평가가 객관적이며, 보편타당하게 이루어지고 이를 위한 기초자료를 충분히 확보할 수 있도록 결정하여야 한다.

3.2 현장조사

3.2.1 시설물의 성능항목별 조사항목

【표 3.2.1】 교량 조사항목

구 분			평 가 항 목		비 고
안전성능	상태 안전성능	공통	콘크리트	◦구조 균열(휨, 전단 등)	
				◦비구조 균열(건조수축 등)	
				◦박리(박락 포함)	
				◦열화(백태, 철근부식 등)	
				◦재료분리(철근노출 포함)	
			강재 (앵커볼트 포함)	◦균열(피로 등)	
				◦열화(부식, 도장탈락 등)	
				◦변형	
				◦용접부 결함	
				◦볼트부 결함	
			◦체수/누수		
			◦시공불량(설치결함 등)		
		교면포장	◦함몰(포트홀)		
			◦단차, 요철		
		배수시설	◦막힘		
			◦파손(배수관 또는 뚜껑)		
		보호시설	◦난간, 연석, 방호 · 방음 · 방풍벽 관련 손상		
		신축이음	◦고무재 파손(노화, 누수 포함)		
			◦유간 정도(부족 또는 과다)		
			◦이물질 퇴적 및 오염상태		
			◦후타재 손상(마모, 단차 등)		
			◦본체 손상		
		받침	◦가동장애(이동량 부족 포함)		
			◦편기		
			◦받침 손상(고무판 포함)		
			◦용량 부족		
			◦받침콘크리트 손상		
		교대	◦변위(침하, 뒷채움, 측방유동 등)		
		교각	◦침식, 세굴		
			◦변형(기울음 등)		
		케이블	◦케이블 손상(단선 등)		
			◦정착구 손상		
			◦행어밴드, 새들 손상		
		긴장재	◦강연선, 보호관		
	구조 안전성능	상부구조	◦공용내하력 ◦주행안전성(철도교량에 적용) (고유 휨 진동수, 임계속도, 연직가속도, 연직처짐, 면틀림, 종방향 변위, 단차) ※ 종방향 변위, 단차는 자갈궤도만 평가		
		하부구조	◦세굴을 포함한 기초안전성(하천교량 적용)		

【표 3.2.1】 교량 조사항목(계속)

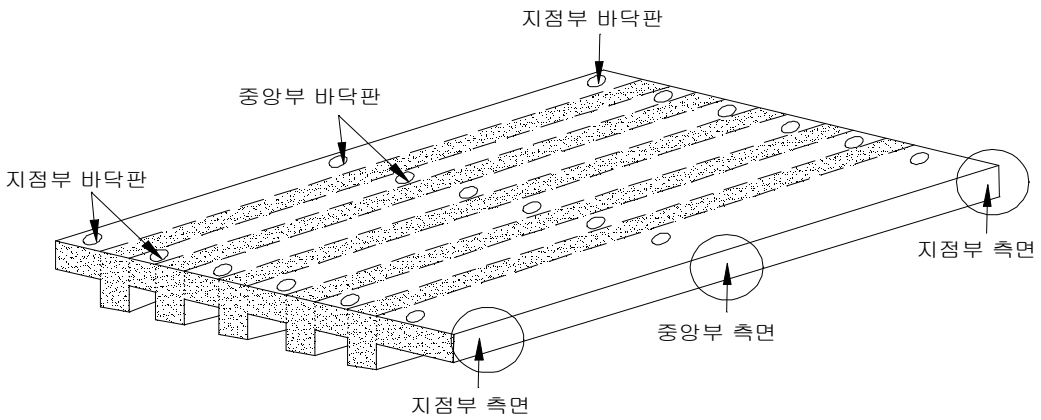
구 분		평 가 항 목	비 고
내구성능	콘크리트	◦ 탄산화 깊이	
		◦ 염화물 침투량	
		◦ 피복(표면부) 콘크리트의 품질	
		◦ 대기환경(염해환경, 동해환경)	
	강재	◦ 도장열화(발청, 박리, 균열, 부풂, 백아화)	
		◦ 도장두께	
		◦ 대기환경(해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)	
		◦ 강설횟수(제설제 살포)	
사용성능	사용성	◦ 포장상태	
		◦ 교량조명	
		◦ 진동사용성	
		◦ 승차감	
	기능성	◦ 수요 및 용량(교통량, 통행량)	
		◦ 유지관리성(점검시설)	

3.2.2 부재별 손상종류

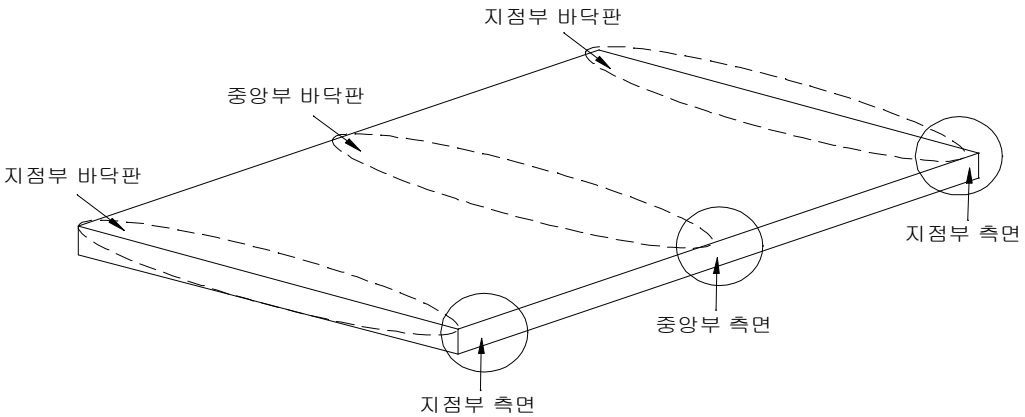
가. 콘크리트 바닥판

【표 3.2.2】 콘크리트 바닥판 조사부위에 따른 손상종류

조 사 부 위		손 상 종 류
▷공통		○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 ○재료분리(공동, 공극) ○누수 및 백태(유리석회)
▷거더교		○균열, 망상균열
▷바닥판, 라멘상부	– 받침부(단부)	○부스러짐 ○사인장균열
	– 중앙부	○휨균열



【그림 3.2.1】 콘크리트 바닥판 조사부위에 따른 손상종류

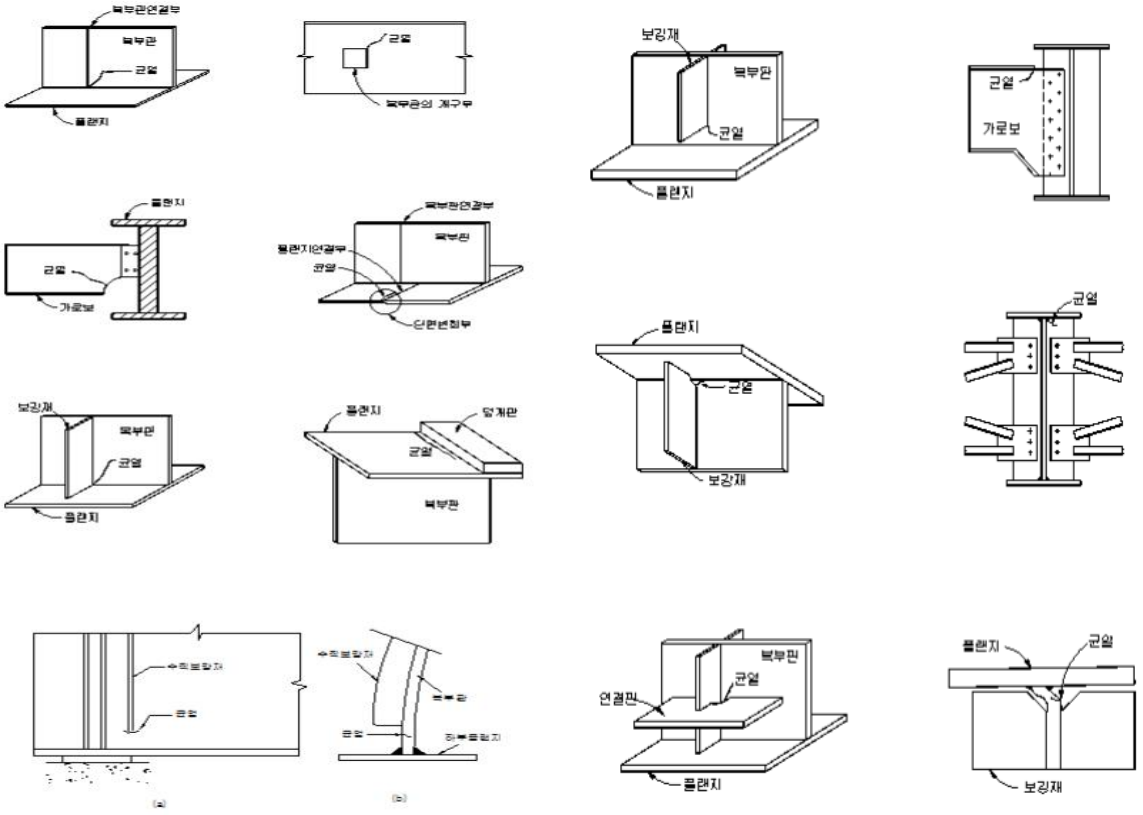


【그림 3.2.2】 거더가 없는 경우의 바닥판 조사부위

나. 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑, 아치리브, 트러스)

【표 3.2.3】 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각 조사부위에 따른 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○도장 열화 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 ○이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	○피로균열
▷받침부	○복부판 부식 및 국부좌굴 ○거더와 받침연결부 부식 ○게르버교의 경우 핀 연결부 부식 ○지점보강재 하단 용접부 균열 ○박스내부 출입구 방치 ○박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷중앙부	○부식 ○플랜지 변형 및 처짐 ○맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷주탑	○주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷보수부위	○용접부 및 용접부 주변 균열
▷부재연결판	○트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결판의 부식,균열 및 변형 ○사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형



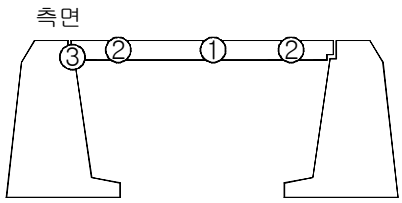
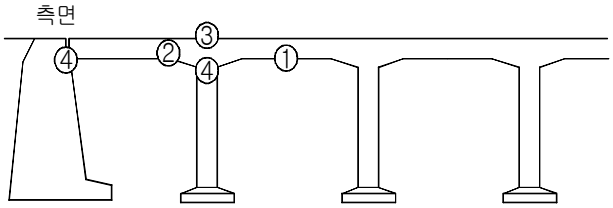
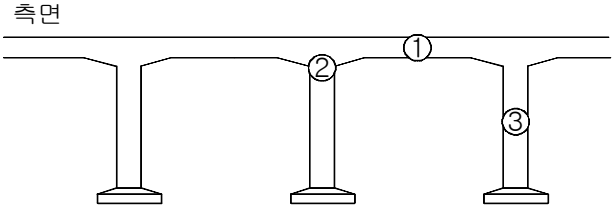
【그림 3.2.3】 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세

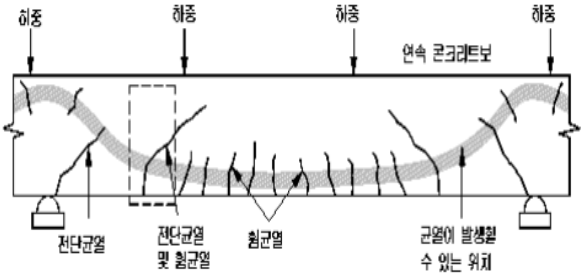
다. 철근콘크리트 거더

【표 3.2.4】 철근콘크리트 거더의 조사부위와 손상종류

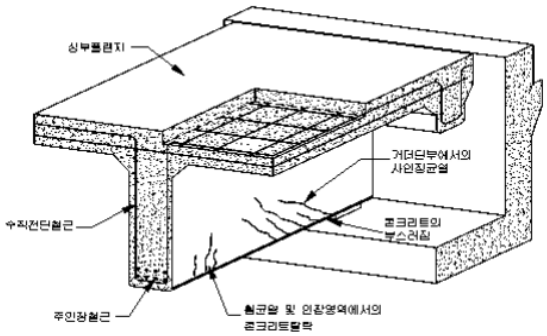
조 사 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷받침부	○부스러짐 ○복부 사인장 균열
▷중앙부	○횡방향 균열

【표 3.2.5】 철근콘크리트 거더의 구조형식에 따른 조사부위

구조형식	조 사 부 위	비 고
단순보		① 지간중앙부 ② 지간 1/4부 ③ 받침부
연속보 게르버보		① 지간중앙부 ② 변곡점부(약 ℓ/4) ③ 교각상부 ④ 받침부
라멘보		① 지간중앙부 ② 우각부 ③ 교각부



【그림 3.2.4】 콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치

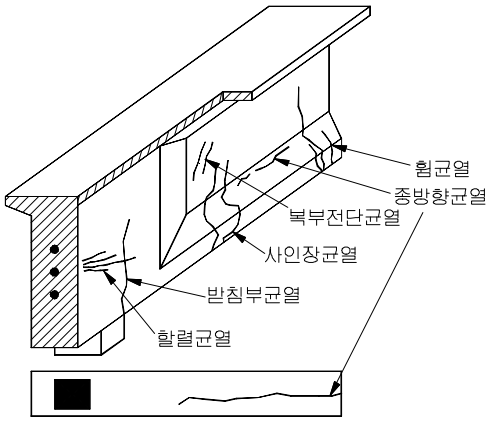


【그림 3.2.5】 철근콘크리트 거더의 조사부위

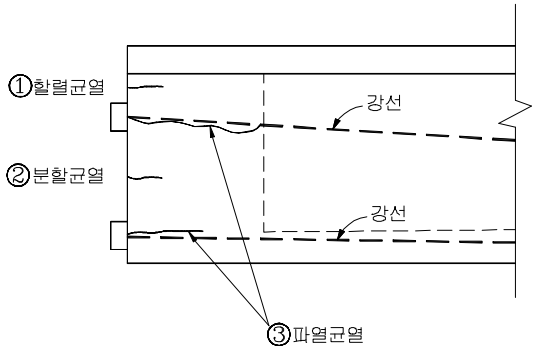
라. 프리스트레스트 콘크리트 거더

【표 3.2.6】 프리스트레스 콘크리트 거더의 조사부위에 따른 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷받침부	○부스러짐 ○복부 사인장균열 ○연속교 상단 휨균열 ○격벽 개구부 모서리 균열
▷중앙부	○휨균열, 거더처짐 ○쉬스관 노출 및 파손 ○박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ○시공이음부 균열 및 누수
▷강선정착부	○정착부 균열 및 파손

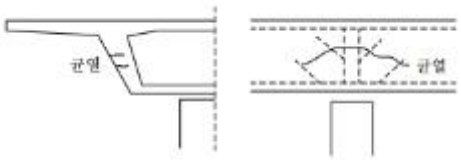


PSC I빔의 조사부위



정착구역의 국부균열

PSC 박스거더의 균열



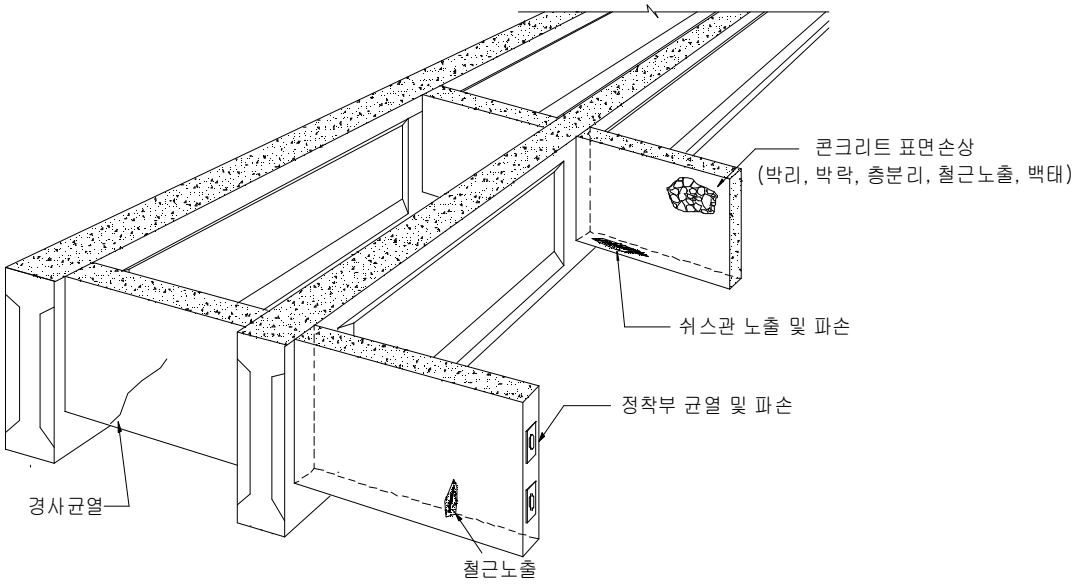
PSC 박스거더의 균열

【그림 3.2.6】 프리스트레스 거더별 조사부위 및 균열

마. 콘크리트 가로보

【표 3.2.7】 콘크리트 가로보의 조사부위와 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷철근콘크리트 가로보	○박락(파손), 철근노출 ○경사균열(거더의 상대처짐 의심)
▷프리스트레스트 콘크리트 가로보	○쉬스관 노출 및 파손 ○정착부 균열 및 파손

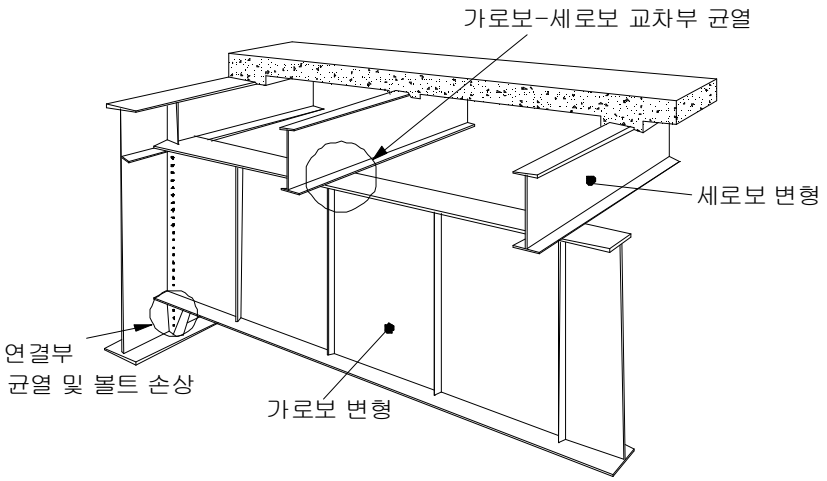


【그림 3.2.7】 콘크리트 가로보 조사부위 및 조사사항

바. 강 가로보와 세로보

【표 3.2.8】 강 가로보의 조사부위와 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○도장 열화 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○이상음 발생
▷피로강도등급 낮은 용접상세부(D, E급)	○피로균열
▷2차부재	○가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○거세트판 용접부 끝부분 균열
▷보수부위	○용접부 및 용접부 주변 균열



【그림 3.2.8】 강가로보 , 강세로보의 조사부위 및 조사사항

사. 케이블

【표 3.2.9】 케이블 조사부위와 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷케이블 부재	○도장 손상 및 부식 ○부식으로 인한 케이블 단면 손상 ○케이블 변형 및 꺾임 ○외부 및 내부 소선 단선
▷보호관	○보호관의 파손
▷정착구	○강재 정착구의 도장손상 및 부식 ○콘크리트 정착구의 파손, 누수, 누유 및 체수 ○정착구 댐퍼 파손
▷행어밴드, 새들	○도장 열화 및 부식 ○고정볼트 이완, 탈락 ○변형 및 파손

< 해 설 >

[케이블 밴드]

1. 점검방법

(1) 케이블밴드에 접하는 래핑와이어에 틈이 생겼다면 밴드가 미끄러졌을 가능성이 있으므로 미끄러진 흔적을 조사한다.

(2) 밴드 볼트가 휘어져 있는지 조사한다.

(3) 방수 목적으로 부착된 코킹재에 균열이나 부분누락이 있으면 물이 침투하므로 이상 유무를 조사한다.

(4) 케이블밴드의 이동이나 회전이 도장균열이나 케이블밴드 캡 부분의 코킹상태 및 방수상태를 세밀히 관찰한다.

(5) 케이블하면부와 케이블밴드 회전으로 행어로프의 손상이 있는지 밴드 측면부는 막대거울을 이용하여 마찰 손상 여부 등을 확인한다.

(6) 케이블밴드의 축력은 밴드볼트의 경사변화 기준에 의해 체크하며 기준봉과 마이크로게이지를 이용한 볼트 축력측정을 실시하여 관리 기준치 내에 충족 여부를 확인한다. (통상 조사 시기는 준공 후 1년 이내에 실시하며, 3년, 5년이 되는 시점에 실시한 후 매 5년 마다 실시하도록 한다.)

(7) 케이블밴드의 회전 여부를 각도기로 조사 후 3° 이상시 별도로 특별 관찰 조사를 실시하여 원인을 조사한 후 대책을 수립한다.

(8) 볼트캡의 탈락이나 풀림이 있는지 육안 근접조사로 상태를 확인한다.

(9) 케이블밴드 이동시 하중이 편중되어 구조계에 이상으로 나타나므로 밴드의 원 위치설치와 전반적인 조임 작업을 검토한다.

(10) 케이블 단부에서의 코킹재 열화에 이상 유무를 조사하여야 한다.

2. 조사시 유의사항
(1) 래핑와이어에 이상이 있을 때는 케이블뿐만 아니라 밴드에서의 미끄러짐에 대하여조사하여야 하며 장력에도 불균형을 주어 과도한 응력집중 현상을 일으킬 수 있고 케이블의 풀림현상을 가중시킬 우려가 있으므로 세심한 조사가 필요하다.
(2) 밴드 도장 균열부는 발생 원인을 면밀히 조사하고 조사 후에도 청결상태를 유지시키며 이후 변화 유무가 필요시 마킹 표기나 사진 촬영을 실시한다.
(3) 케이블밴드 조사는 고소조사이므로 안전장비를 갖추고 조사도구사용과 이동시 안전에 유의한다.
(4) 케이블 점검통로에서 조사도구의 낙하시 통행차량 및 보행자 부상 발생이 우려되므로 장비 및 도구에 안전고리 및 안전줄을 설치하여 사용한다.
(5) 강풍과 폭우시는 조사업무를 보류하고 대피한 후 미끄럼 등 위험인자가 제거되어 조사가 가능한지 확인 후에 조사업무를 재개하도록 한다.

[센터 스테이, 사이드 스테이]
1. 조사방법
(1) 코킹재는 손상받기 쉬우므로 주의해서 조사하여야 하며 코킹재 빠짐이나 열화상태를 조사한다.
(2) 밴드 안장걸기부 부근의 스테이 로프는 마모, 부식되기 쉬우므로 조사를 실시한다.
(3) 핸드로프의 점검통로와 교량상면부를 이용한 센터스테이를 근접 육안조사를 실시한다.
(4) 스테이 밴드연결, 강봉, 볼트너트부는 간격이동 여부를 줄자를 이용하여 조사 기록하며 변동 여부를 조사시 비교한다.
(5) 스테이의 이동이나 회전시 도장균열이나 이탈부 박리현상이 발생되므로 세밀히 밀림여부를 관찰한다.
(6) 스테이 러그 및 리브 용접부 등의 균열이나 파단 여부를 확인한다.
① 스테이 연결 조정봉의 좌굴이나 뒤틀림 등을 확인한다.
② 스테이 연결핀 및 볼트의 변형이나 유간간격 등 계절별로 상태를 확인하여야 한다.

2. 조사시 유의사항
(1) 스테이 밴드 연결강봉의 볼트 간격 및 핀상태 조사시 안전장비를 갖추고 조사 도구사용과 이동시 안전에 유의해야 한다.
(2) 강풍과 폭우시는 조사업무를 보류하고 대피한 후 미끄럼 등 위험인자가 제거되어 조사가 가능한지 여부를 확인하여 조사를 재개한다.
(3) 정착부가 변형되어 있는지 조사를 실시한다.

[케이블, 탑정새들]
1. 조사방법
(1) 탑정 새들에서의 반력은 보강 리브에 전달되어 탑주 외벽으로 흐르게 된다. 따라서 보 강판에는 국부적인 큰 하중이 작용하게 되므로 리브의 국부변형, 좌굴에 주의를 요한다.
(2) 새들 내부의 결로 등에 의한 수분이 Bolt hole을 통해 보강부로 나오는 경우가 있으므로 볼트 나사산의 도막조사를 실시한다.
(3) 핸드로프의 점검통로를 이용한 주케이블, 행어로프 근접 육안조사 및 하부에서의 망원경을 이용하여 조사를 실시한다.
(4) 새들부 부식된 부분은 부식 정도를 파악하기 위해 브러쉬 등으로 표면을 긁어낸 후단면결함 정도를 확인한다.
(5) 케이블 하면부와 케이블밴드 회전으로 행어로프의 손상이 있는지 밴드 측면부는 막대거울을 이용하여 마찰 손상 여부 등을 확인한다.
(6) 볼트 고정부는 조사용 망치로 볼트머리 부분을 두들겨본 후 이완 및 이상음 발생여부를 판단한다.
(7) 주케이블의 내부 부식이나 누수 등에 따라 래핑와이어 외관상태가 변화징후(부풂, 탈락, 풀림, 도장변색 등)가 나타나므로 세밀한 관찰이 필요하다.
(8) 스프레이 새들부 등 접근이 곤란한 경우 망원경이나 줌사진 촬영을 이용하여 조사를 실시한다.
2. 조사시 유의사항
(1) 로프의 느슨한 정도, 인장부의 한 부분은 팽팽하고 다른 부분은 느슨한 건 아닌지 특히 짧은 행

어에 주의를 기울일 필요가 있다. 안장걸기부나 정착부에서는 로프의 소선절단이나 꼬임이 발생하였는지 주의깊게 조사한다.
(2) 긴 행어에 대해서는 접근 조사가 불가능하므로 정기적인 재도장 작업을 실시한다.
(3) 케이블 조사는 고소조사이므로 안전장비를 갖추고 조사도구사용과 이동시 안전에 유의하고 2인 1조로 조사를 실시한다.
(4) 케이블 점검통로에서 조사도구의 낙하시 통행차량 및 보행자 부상이 우려되므로 장비 및 도구에 안전고리 및 안전줄을 설치하여 사용한다.
(5) 강풍과 폭우시는 조사업무를 보류하고 대피한 후 미끄럼 등 위험인자가 제거되어 조사가 가능한지 여부를 확인한 후 조사업무를 재개한다.

[사장교의 케이블, 케이블댐퍼, 케이블 정착부]
1. 조사방법
(1) 케이블의 내부 부식이나 누수 등을 확인하여 조사한다.
(2) 케이블 정착구의 볼트 풀림 및 휨 이상 유무를 확인하여 조사한다.
(3) 케이블 댐퍼의 변형 및 고무판 이탈 부식의 유무를 확인하여 조사한다.
(4) 케이블 장력의 변화를 확인하여 조사한다.
(5) 케이블 연결 상태(소선의 틈 및 파손)를 확인하여 조사한다.
(6) 케이블의 정착부 조사 시에는 추락의 위험이 있으므로 안전벨트를 착용한다.

2. 조사시 유의사항
(1) 곤도라로 접근 불가능한 곳은 차량으로 이동하여 망원경 등으로 조사한다.
(2) 케이블의 하부 정착부는 볼트의 풀림여부(너트와 부재사이의 도장상태 관찰) 및 용접부 균열 발생 등에 유의하여 조사한다.
(3) 케이블의 상부 정착부는 수평방향의 균열발생 및 진행여부를 유의하여 관찰한다.
(4) 케이블은 바람이 강한 날 이상진동 및 소음발생 여부를 유의하여 관찰한다.

아. 긴장재

【표 3.2.10】 긴장재 조사부위와 손상종류

조 사 부 위		손 상 종 류
▷강연선		○녹, 부식, 파단
▷보호관	공통	○파손, 공극(충전결함), 누수, 백태
	PE관	○접합불량, 변형
	강관	○녹, 부식, 변형

< 해 설 >

○ 긴장재는 강연선, 그라우트, 보호관 등으로 이루어져 있으며 현장조사 시에는 육안으로는 보호관 외부만 관찰이 가능하다. 육안으로 관찰 가능한 손상종류는 보호관의 파손, 접합불량, 녹, 파단, 선형이상 등이 있고, 타음조사(강구타격법)를 통해 그라우트 충전결함(공극) 유무를 확인할 수 있다.

○ 충전결함이 발견 되었을 경우 책임기술자의 판단에 따라 선택과업으로 국부변형시험, 천공시험, 내시경조사 등을 수행하여 긴장재 내부의 상태를 조사할 수 있다.

[강연선]

1. 조사방법

(1) 긴장재 내 강연선의 부식 징후를 조사하고 징후가 발견될 시 책임기술자의 기술적 판단에 따라 선택과업으로 국부변형시험, 천공시험, 내시경조사를 실시한다.

(2) 긴장재 내 강연선의 부식 징후는 보호관 외관조사를 통해 확인한다.

[보호관-공통]

1. 조사방법

(1) 보호관 외부의 파손 및 균열을 조사한다.

(2) 보호관 내 강연선의 부식, 파단으로 인한 보호관 선형에 뒤틀림 등의 유무를 조사한다.

(3) 보호관 내 그라우트 공극여부를 확인하기 위하여 타음조사(강구타격법)을 실시한다.

(4) 타음조사는 1경간 내에 격벽상단 변곡부(Crown)와 방향전환블럭(Deviator) 양측 1.5m 구간에 대해 실시한다.

(5) 강구가 달린 막대를 사용하여 보호관을 타격하는 타음조사는 보호관 내부가 그라우트로 완전히 충전되어 있을 때와 충전결함(공극)이 존재 할 때 타격음이 다르다. 이 타격음의 차이를 통해 그라우트 충전결함(공극) 유무를 추정한다.

(6) 보호관 외부결함, 충전결함(공극) 유무 등에 대해 외관 조사망도를 작성한다.

2. 조사시 유의사항

(1) 격벽상단 변곡부와 방향전환블럭구간은 긴장재 배치 형상에 따른 기하학적 요건 등으로 인해 충전결함(공극)이 예상되는 구간이므로 면밀히 조사하여야 한다.

(2) 타음조사 시 충전결함(공극)이 있을 것으로 추정되는 구간에 대해서는 책임기술자의 기술적 판단에 따라 선택과업으로 국부변형시험, 천공시험, 내시경조사 등을 실시한다.

[보호관-PE관, 강관]

1. 조사방법

(1) PE관의 경우 접합부의 접합불량, 이격, 변형 등을 조사한다.

(2) 강관의 경우 녹, 부식, 변형 등을 조사한다.

2. 조사시 유의사항

(1) PE관 및 강관의 접합부 접합불량, 이격, 균열을 통해 외부수 유입 가능성이 있을 경우, 책임기술자의 기술적 판단에 따라 선택과업으로 국부변형시험, 형상측량, 상시계측, 천공시험, 내시경조사 등을 실시한다.

[외부긴장재 타음조사(강구타격법)]

(1) 강구가 달린 쇠막대로 긴장재를 타격하여 충전결함(공극) 유무를 추정하는 것이 목적이다.

(2) 타격음의 차이를 통해 그라우트 충전결함(공극) 유무를 추정하는 것이 타음조사의 원리이다.

- 긴장재 내부가 그라우트로 완전히 충전되어 있을 때와 충전결함(공극)이 존재 할 때 타격음이 다르다.

(3) 연속된 구간에 대하여 격벽상단 변곡부(Crown)와 방향전환블럭(Deviator) 양측 1.5m 구간에 대해 타음조사를 실시한다.

- 격벽상단 변곡부(Crown)와 방향전환블럭(Deviator Block) 구간은 긴장재 배치 형상에 따른 기하학적 요건 등으로 인해 충전결함(공극)이 발생하기 쉬운 구간이다.

(4) 시험 방법은 다음과 같다.

① 타음조사 대상위치를 선정한다.

② 강구달린 막대로 대상위치를 타격한다.

③ 타격음을 청취하여 충전결함(공극) 유무를 추정한다.

(5) 타음조사 결과 이상음이 발생하여 그라우트 충전결함(공극)이 예상되는 구간은 책임기술자의 기술적 판단에 따라 선택과업인 국부변형시험 실시 여부를 결정한다.

[외부긴장재 국부변형시험]

(1) 국부변형시험은 현장조사 시 타음조사(강구타격법)을 통해 공극이 예상되는 구간에 대해 책임기술자의 기술적 판단에 따라 실시한다.

(2) 시험 장비를 이용하여 긴장재에 지압력을 도입하였을 때 생기는 변위량을 측정하여 긴장재 내 그라우트 충전결함(공극) 정도를 확인하는 것이 목적이다.

(3) 시험 장비의 구성은 다음과 같다.

- 클램프(Clamp) : 조사 대상 긴장재 직경보다 물림폭이 넓고 반경보다 물림깊이가 깊은 C-Clamp 또는 이에 준하는 기타 형태의 지압 가능한 기구를 사용한다.
- 시험볼트(Test-bolt) : 토크렌치로 조임 가능한 시험볼트를 클램프에 장착하여 사용한다.
- 토크렌치(Torque Wrench) : 일정한 힘으로 클램프의 시험볼트를 조여 국부변형시험의 신뢰성을 확보하기 위해 사용한다.
- 눈금자 : 정규 눈금 1㎜까지 읽어낼 수 있는 것을 사용한다.

(4) 시험 방법은 다음과 같다.

① 국부변형시험 위치를 선정한다.

② 시험위치를 헝겊 등으로 깨끗하게 닦는다.

③ 클램프의 시험볼트를 풀어 긴장재 중앙에 장착한다.

④ 시험볼트를 토크렌치로 조인다.

⑤ 발생한 변위량을 측정한다. 시차에 의한 오차를 줄이기 위해 눈금자와 일치하는 방향에서 눈금을 읽는다.

⑥ 변위량이 10㎜ 이상일 경우 책임기술자는 천공시험 또는 내시경조사 실시 여부를 결정한다. (변위량 10㎜ : 내시경장비 투입가능 최소 공극 크기)

(5) 시험 보고서에 기록하여야 할 사항은 다음과 같다.
- 긴장재의 위치
- 국부변형시험을 행한 연월일
- 긴장재 변위량
- 경과연수

[외부긴장재 천공(Hole-Saw)시험]
(1) 국부변형시험 결과 10㎜ 이상의 변위량이 발생한 경우 책임기술자의 기술적 판단에 따라 관리주체의 승인 후 선택과업으로 천공시험을 실시한다.
(2) 천공시험을 통해 그라우트를 완전히 제거하고 강연선의 표면을 노출시켜 상태를 확인한다.
(3) 천공시험 시 그라우트재에 대한 탄산화 및 염화물침투량 시험을 병행하여 실시한다.
- 염화물침투량 시험 시 강연선 표면에 가장 가까운 시료(강연선 표면에서 10㎜ 미만)를 채취하여 실시한다.
- 탄산화시험은 천공부위에 지시약(페놀프탈레인 1%용액)을 분사하여 실시한다.
(5) 시험 장비는 다음과 같다.
- 천공부위 세척용품(헝겊 등)
- 홀쏘(Hole Saw) 장착 드릴
- 천공부위 먼지, 이물질 등 제거 도구(고무펌프, 에어스프레이 등)
(6) 시험 방법은 다음과 같다.
① 천공부위를 선정하고 헝겊으로 깨끗이 닦아낸다.
② 홀쏘를 장착한 드릴로 천공한다.
③ 천공부위에 먼지, 이물질 등을 제거한다.
④ 천공부위를 통해 강연선 상태를 조사한다.
⑤ 그라우트재의 염화물침투량 시험을 위한 시료채취 및 탄산화시험을 실시한다.
⑥ 천공부위를 원상 복구 한다.
(7) 시험 보고서에 기록하여야 할 사항은 다음과 같다.
- 긴장재의 위치
- 강연선 상태
- 경과 연수, 그라우트 재령

[외부긴장재 내시경조사]
(1) 내시경조사는 외부긴장재를 천공하여 내시경장비를 내부로 삽입 시켜 그라우트 충전결함(공극), 강연선의 부식 정도 등 내부 상태를 확인하는 것이 목적이다.
(2) 조사 장비는 다음과 같다.
- 산업용 내시경(Borescope)
  - LCD모니터 해상도는 강연선의 녹, 부식, 파단이 확인 가능한 수준(최소 1024 x 768 이상) 이어야 한다.
  - 튜브 길이는 1.5m 이상의 와이어 형이면서, 내시경헤드(카메라) 부분이 조작(회전, 꺽임 등)이 가능한 것을 사용해야 조사가 용이하다.
  - 어두운 긴장재 내부를 촬영해야 하므로 내시경헤드(카메라)에 하이라이트 LED와 같은 내부를 밝힐 수 있는 장치가 탑재된 것을 사용한다.
  - 천공장비(Hole-saw 장착 드릴 등)
(3) 조사방법은 다음과 같다.
① 내시경조사 위치를 선정한다.
② 천공작업을 수행하여 내시경 삽입 통로를 확보한다.
③ 내시경 카메라를 삽입하여 내부 상태를 조사한다. 이때 삽입은 천공부위를 기준으로 1.5m이상 삽입하여 조사한다.
④ 천공 부위를 원상복구 한다.

[외부긴장재 장력시험]

(1) 내시경조사 결과 강연선이 파단되어 상태평가기준이 “e” 이하일 경우에는 책임기술자의 기술적 판단에 따라 장력시험을 수행한다.

(2) 내시경조사 결과를 바탕으로 그라우트 충전상태를 추정하여 긴장재의 단위길이 당 중량 차이를 고려하여 오차율을 낮출 수 있다.

(3) 시험 시 필요한 장비는 다음과 같다.

- 가속도 센서 : 가속도 시간이력 수집
- 가진망치 : 외부긴장재 가진 시 사용
- 가속도 데이터 계측 장비 : 가속도 센서로 부터 얻은 데이터 계측
- 분석 프로그램 : 가속도 시간이력곡선 수집 및 고속푸리에변환(Fast Fourier transform, FFT)용 프로그램
- 와이어(쉴드와이어) : 간섭, 노이즈 방지용
- 기타 가속도 센서 부착용품 및 부착부위 세척용품(헝겊, 알콜 등)

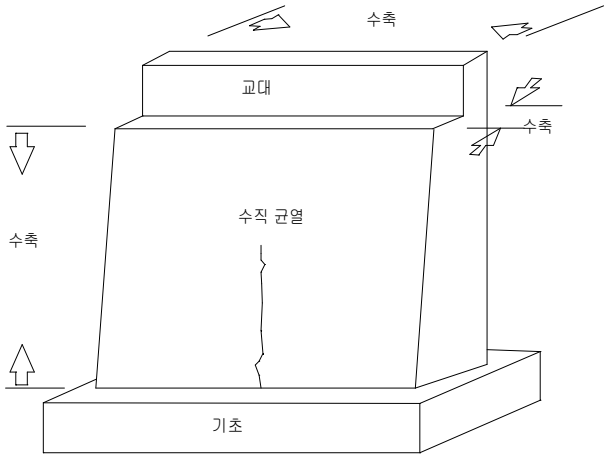
(5) 시험방법은 다음과 같다.

① 진동시험 대상 외부긴장재를 선정한다.
② 가속도 센서 부착 적정 위치를 선정하고 알콜로 부착면을 세척한다.
③ 진동망치로 외부긴장재를 타격하여 가진시킨다.
④ 가속도 시간이력 계측한다.
⑤ 고속푸리에변환을 통해 외부긴장재의 고유진동수를 분석한다.
⑥ 고유진동수를 활용하여 외부긴장재의 응력을 추정한다.

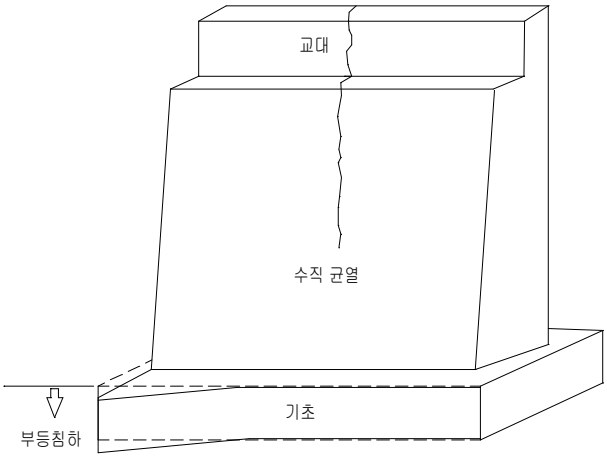
자. 교대

【표 3.2.11】 교대의 조사부위와 손상종류

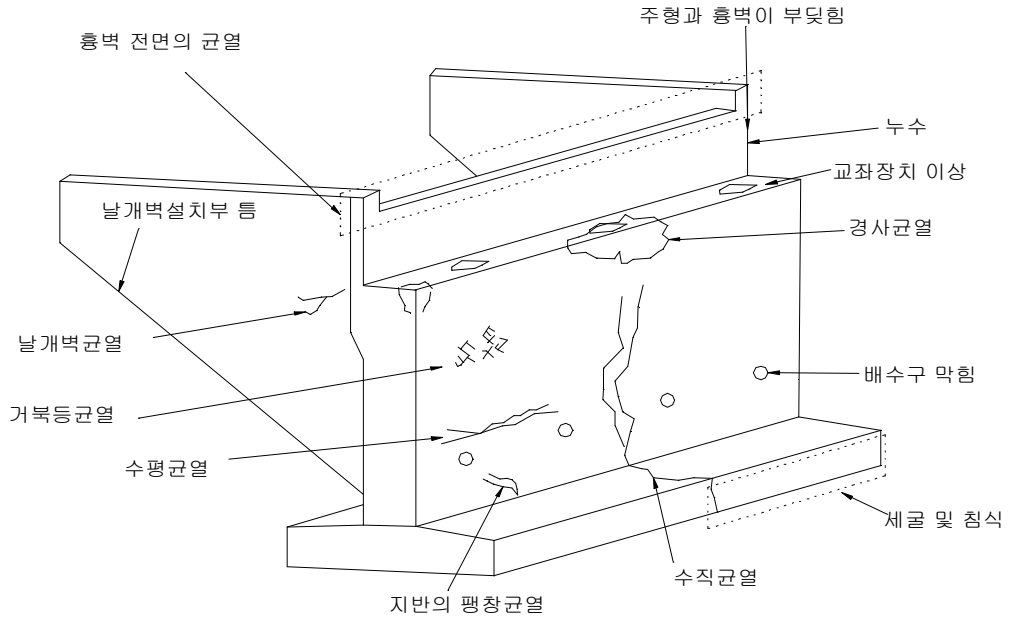
조 사 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교대 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 균열 및 파손 ○두부와 흉벽 경계부 균열 ○거더와 흉벽 신축유간 부족
▷벽체	○수직균열 및 침하 ○구체와 날개벽 분리 ○구체부 배수구 막힘 ○수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	○날개벽 이동, 전도 ○석축이 있는 경우 사면붕괴



【그림 3.2.9】 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열



【그림 3.2.10】 부등침하로 인한 교대의 수직균열

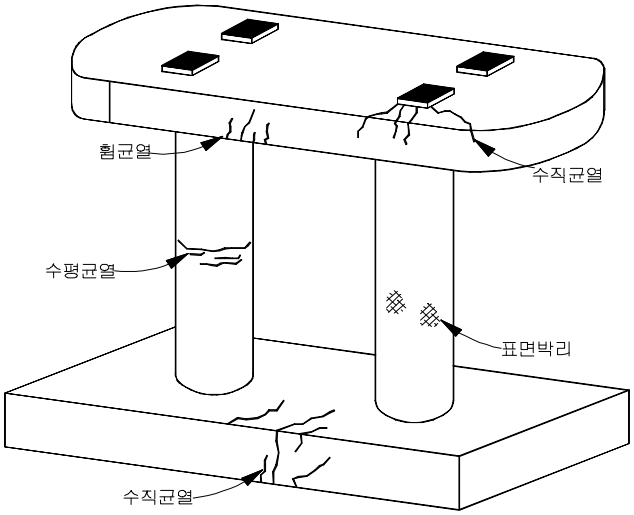


【그림 3.2.11】 교대의 조사부위

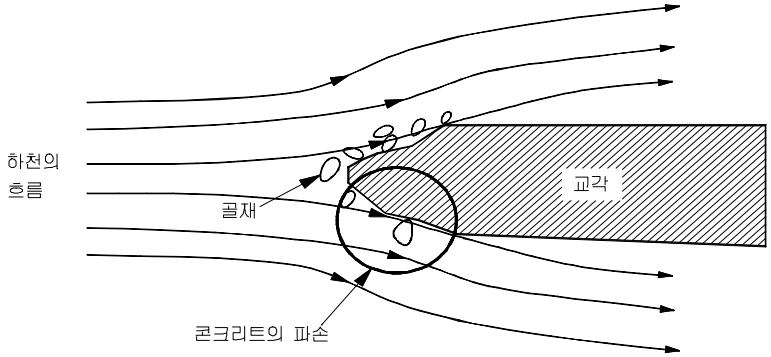
차. 콘크리트 교각

【표 3.2.12】 콘크리트 교각의 조사부위와 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교각 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 하부 균열 및 파손
▷벽체	○시공이음부 균열 ○이동 또는 기울음 ○수면접촉부 침식



【그림 3.2.12】 콘크리트 교각의 조사부위

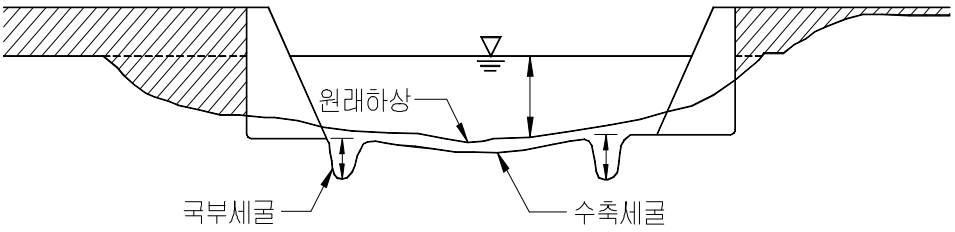


【그림 3.2.13】 유수에 의한 콘크리트 교각의 침식

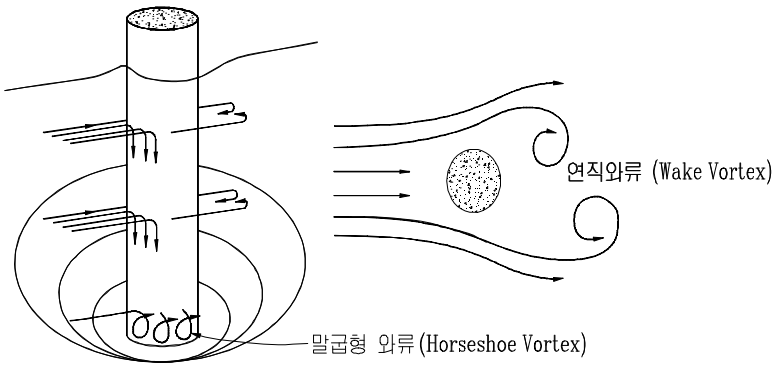
카. 기초

【표 3.2.13】 기초의 조사부위와 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 철근노출, 백태 ○침식, 세굴, 측방유동, 침하 ○하부구조물 기울음 및 전도
▷직접기초	○콘크리트 균열 및 파손
▷말뚝기초	○말뚝 노출 및 침식
▷케이슨기초	○케이슨 노출 및 침식 ○충돌파손



【그림 3.2.14】 수축세굴과 국부세굴

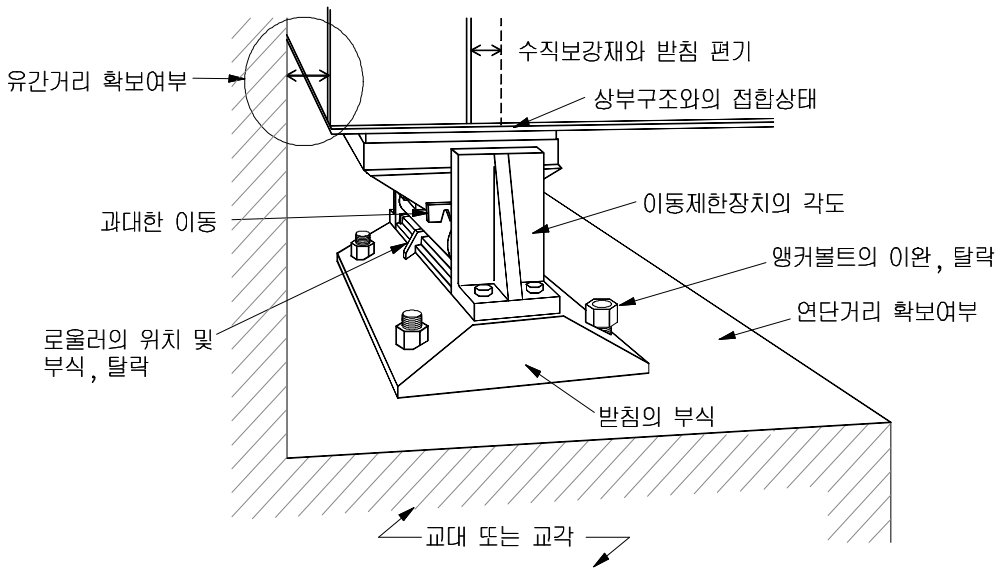


【그림 3.2.15】 원형기초의 국부세굴

타. 교량받침

【표 3.2.14】 교량받침의 조사부위에 따른 손상종류

조 사 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	○가동받침의 신축유간 부족 ○가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ○받침과 거더의 밀착상태 ○수직보강재와 받침 편기상태 ○받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	○가동면 부식 ○부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	○부품 및 갈라짐 ○고무판의 과도한 변형
▷받침콘크리트		○앵커볼트 파손, 절단 ○콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ○교각두부 균열



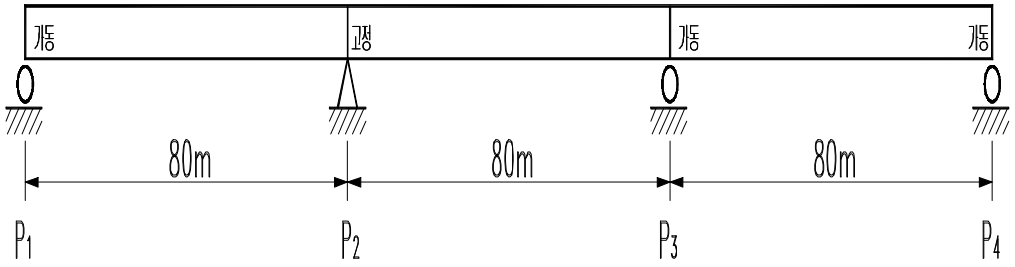
【그림 3.2.16】 교량받침 조사부위

< 해 설 >

[교량 받침 이동량 산정 및 받침 유간 확인]

(1) 공용 중 온도변화로 인한 상부구조의 신축에 따라 이동량이 발생하고 교량받침 신축유간의 적정성을 판단하여야 한다.

(2) 조사 온도별 이동량 계산 예



- P_4 받침 신장량 계산 (Δl) • 신축거더길이 : 160m
- 지난번 조사시 온도 : 10℃ • 금번 조사시 온도 : 30℃

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 1.2 \times 10^{-5} \times (30-10) \times 160{,}000 = 38.4\ mm$$

- 받침의 실제이동량을 측정하여 계산치 38.4㎜와 비교한다.

(3) 받침 유간 확인방법 예

- 받침의 유간은 늘음방향, 줄음방향으로 확인하여야 한다.
- 조사시 온도 : 10℃
- 추가예상 이동량이 발생할 수 있는 온도
  - 겨울 : −10℃ (줄음방향 유간 계산시 보통지방 강교의 예)
  - 여름 : 40 ℃ (늘음방향 유간 계산시 보통지방 강교의 예)
  - 줄음방향 유간계산 :

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 1.2 \times 10^{-5} \times (-10-10) \times 160{,}000 = 38.4\ mm$$

  - 늘음방향 유간계산 :

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 1.2 \times 10^{-5} \times (40-10) \times 160{,}000 = 57.6\ mm$$

- 선팽창 계수 α : 강교(1.2×10^{-5}) , 콘크리트교(1.0×10^{-5})

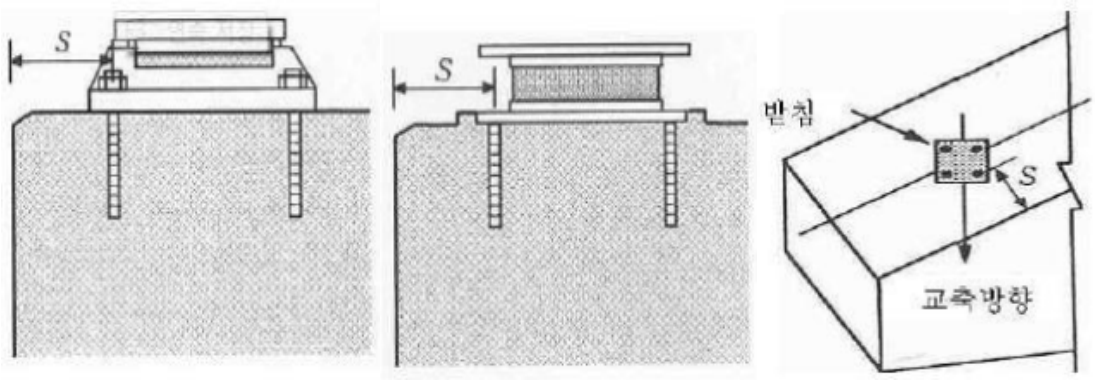
- 유간의 실제 여유량이 상기의 값 이하인 경우에는 유간부족으로 인하여 거더나 교량받침에 손상이 발생하였는지 조사하여야 하며 계산치와 실제 측정치를 2~3차례 비교하여 이동제한 장치의 절단, 받침의 이동, 교체 등 조치방법을 고려하는 것이 바람직하다.

[도로교량 받침 연단거리의 측정]

(1) 교좌면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또 지진시 등에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 지진시 하중을 전달하는 부재로서 앵커볼트에 의해 받침을 고정하는 경우에는 받침의 종류와 관계없이 앵커볼트의 중심에서 하부구조 정부 연단까지의 거리를 S로 한다. 사교 혹은 곡선교의 경우 받침 연단거리 S는 하부구조 정부연단과의 최단거리 방향으로 확보하여야 한다.

(2) 하부구조 정부에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단 사이의 거리, S(㎜)는 다음 값 이상을 확보하여야 한다.

- 거더의 경간길이 100m 이하 : $S = 200 + 5L$
- 거더의 경간길이 100m 이상 : $S = 300 + 4L$ [여기서, L 은 경간 길이(m)]



【그림 3.2.17】 교량받침 연단거리

(3) 단, 공용 중인 교량에 대한 교좌부의 연단거리 검토 시, 연단거리 S를 만족시키지 못하더라도 앵커볼트로부터 발생되는 콘크리트 전단파괴를 방지한다면 즉, 받침 앵커볼트에 작용되는 외력에 대해 교좌부의 내력(콘크리트가 부담하는 내력+보강근이 부담하는 내력)이 충분한 전단력을 확보하고 있는 경우에는 안전한 것으로 본다.
(4) 또한, 코핑이 없는 단일기둥 교각에서는 교좌부 파괴가 낙교 등과 연결될 가능성이 있으므로 이와 같은 경우에는 교축직각방향에 대해서도 교좌부 내력을 조사할 필요가 있다.

[철도교량 받침 연단거리의 측정]
(1) 받침자리 및 거더 단부는 받침 및 스토퍼에 작용하는 하중을 확실하게 하부구조에 전달할 수 있는 구조이어야 한다.
(2) 받침자리에는 수평 전단력에 대하여 지름 13㎜ 이상의 철근을 최대 200㎜의 간격으로 교축방향과 교축직각방향에 배치되어야 한다.
(3) 받침의 끝에서 거더 끝단까지의 거리는 받침에 작용하는 수평력 및 연직력에 대하여 안전해야 하며, 주거더의 종류에 따라 다음 값 이상이어야 한다.

- 철근콘크리트 거더 및 PSC거더의 경우

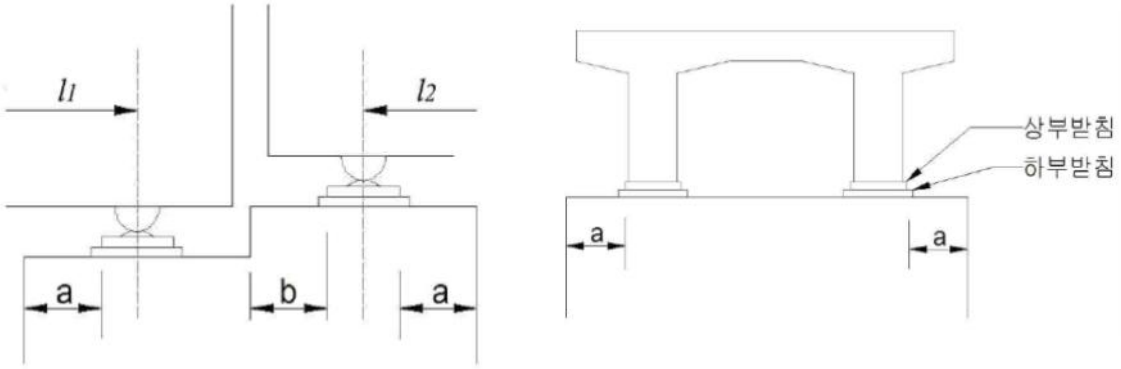
l < 15m	a = 150㎜, b = 150㎜
15m ≤ l < 20m	a = 200㎜, b = 150㎜
20m ≤ l < 30m	a = 250㎜, b = 150㎜
30m ≤ l < 40m	a = 350㎜, b = 150㎜
40m ≤ l	a = 400㎜, b = 150㎜

- 플레이트 거더의 경우

l < 25m	a = 200㎜, b = 150㎜
25m ≤ l	a = 250㎜, b = 150㎜

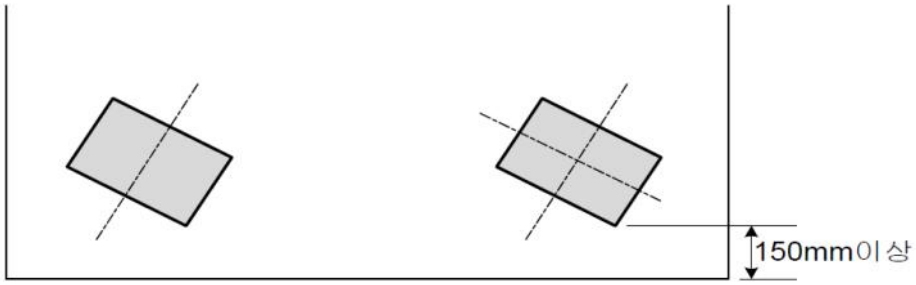
- 트러스의 경우 a = 300㎜, b = 150㎜

(4) 사각을 가진 거더에서 받침 최외측선부터 거더 끝단까지의 교축방향으로의 최소거리는 일반적으로 150㎜ 이상으로 한다.



(a) 선로방향 (b) 선로직각방향

【그림 3.2.18】 받침의 끝에서 거더 끝단까지의 거리(a 및 b)의 값

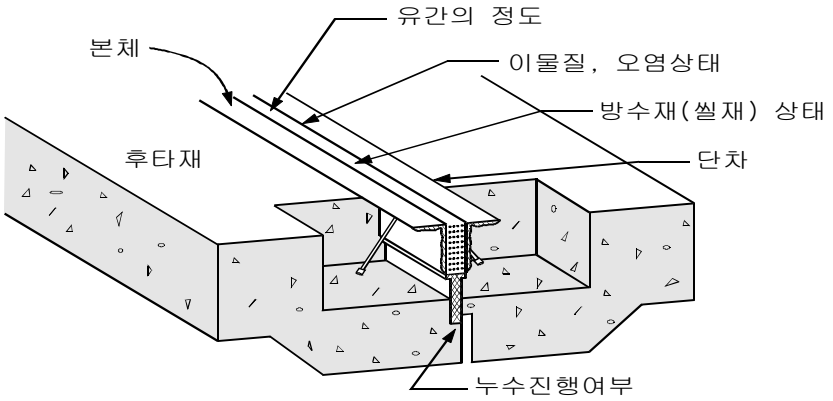


【그림 3.2.19】 사각을 가진 거더에서 받침의 배치

파. 신축이음

【표 3.2.15】 신축이음의 조사부위에 따른 손상종류

조 사 부 위		손 상 종 류
▷본체	– 공통	○충격음, 본체유동 및 파손 ○누수 ○유간부족 및 유간과다 ○유간 오물퇴적
	– 고무재	○고무판 마모, 강판노출 및 부식
	– 강재	○강재 연결부 이완 및 파손
▷후타재		○단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) ○균열 및 파손



【그림 3.2.20】 신축이음 조사부위

하. 교면포장

【표 3.2.16】 교면포장의 조사부위에 따른 손상종류

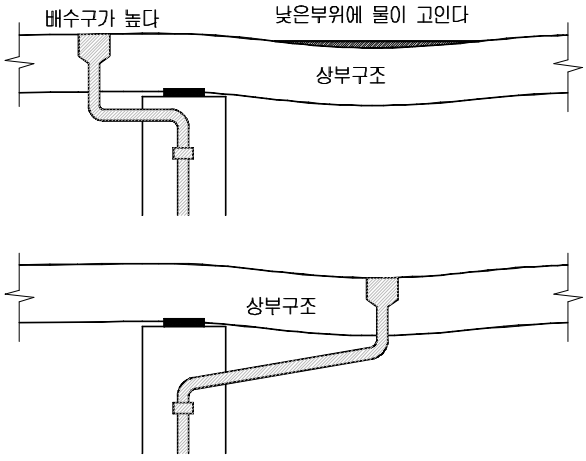
조 사 부 위		손 상 종 류
▷공통	▷아스팔트	○균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모, 평탄성
	▷콘크리트	○균열, 마모, 박리, 파손, 평탄성
▷신축이음 전후, 구조물 경계부		○단차, 파손
▷곡선부, 중차량* 통행차로		○마모, 바퀴자국
▷배수구 주변		○물고임

* 승용차보다 주행 성능이 떨어지는 차량으로서, 트럭과 버스, 특수차량을 지칭함(도로용량편람, 2013)

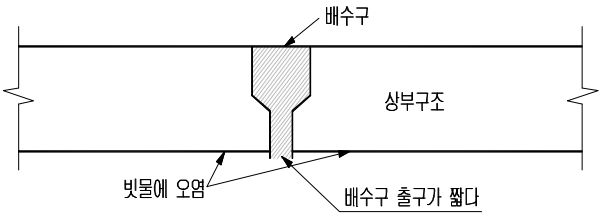
거. 배수시설

【표 3.2.17】 배수시설의 조사부위에 따른 손상종류

조 사 부 위	손 상 종 류
▷배수구(유입구) – 뚜껑(그레이팅)	○뚜껑파손 및 주변파손, 누락 ○오물퇴적, 막힘 ○배수구의 설치높이가 높음 ○배수구 설치위치 불량 ○배수구 설치간격 넓음
▷배수관	○관의 연결부 어긋남, 파손 ○이물질에 의한 막힘 ○지지철물의 이완 및 파손 ○배수관 길이 부족(짧음) ○유출구 위치 부적절(도로구간)



【그림 3.2.21】 배수구 물고임



【그림 3.2.22】 배수구 길이 부족

너. 보호시설

【표 3.2.17】 보호시설의 조사부위에 따른 손상종류

조 사 부 위		손 상 종 류
▷보호시설	– 강재, 알루미늄	○강재의 경우 도장 손상 및 부식 ○난간과 바닥판연결부의 결함, 파손 ○전체적인 처짐 및 선형불량 ○변형, 볼트부 결함, 용접부 결함 등
	– 철근 콘크리트	○균열, 박리, 파손 ○철근노출 및 부식 ○전체적인 처짐 및 선형불량

3.3 재료시험

3.3.1 개요

재료시험 항목 및 수량은 성능평가 실시결과에 의한 시설물의 안전성능 또는 내구성능, 사용성능 평가가 객관적이며, 보편타당하게 이루어지고 이를 위한 기초자료를 충분히 확보할 수 있도록 결정하여야 한다.

3.3.2 재료시험 항목 및 기준수량

성능평가는 현장조사 및 재료시험 결과에 의해 해당 시설물에 대한 안전성능 및 내구성능, 사용성능을 실시하는 것으로 이에 필요한 재료시험 항목에 대하여 기본과업 및 선택과업 등의 내용으로 구분되며, 기본과업에 의한 재료시험은 필수적으로 실시한다.

가. 재료시험 항목

【표 3.3.1】 제2종 성능평가 재료시험 항목

구분		안전성능	내구성능
기본과업	콘크리트	◦콘크리트강도 – 반발경도시험 ◦철근탐사시험[1] – 철근 배근상태 – 철근 피복두께	◦피복(표면부) 콘크리트 품질 – 반발경도시험
			◦탄산화깊이
			◦염화물 침투량
	강재	–	◦도장두께
	기타	◦외부긴장재 타음조사[2]	–
선택과업	콘크리트	◦콘크리트 강도 – 국부파괴시험법 : 코어강도 – 비파괴시험 : 초음파전달속도시험	–
	강재	◦강재용접부 결함조사 – 자분탐상 및 초음파탐상	–
	기타	◦기타 필요한 조사 및 시험	–

주1) 탄산화 깊이, 염화물 침투량 시험 대상 구간은 철근탐사시험을 필수적으로 실시하여 실제 콘크리트의 피복두께를 측정하도록 한다.

주2) 격벽상단 변곡부(크라운부) 및 방향전환블럭 전 · 후 1.5m 구간에 대해 실시한다.

나. 재료시험 기준수량

【표 3.3.2】 제2종 성능평가 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험[1]	◦50m 마다	◦연장 50m 마다	-
철근탐사시험[2]	◦책임기술자 판단에 따라 수량 결정		-
탄산화[3] 깊이 측정	◦5경간 이내 : 2~3개소 ◦5경간 이상 : 3~6개소		-
염화물[4] 침투량 시험	◦책임기술자 판단에 따라 수량 결정		◦간만대 또는 비말대 포함
도장두께[5]	◦강 부재 : 2~3개소/대상경간		◦바닥판, 거더, 2차부재, 교각(주탑), 케이블

주1) 각 부재별(바닥판, 거더, 2차부재, 교각/교대) 최소 1개소 이상 포함하여 실시한다.
주2) 최소 탄산화 깊이, 염화물 침투량 시험 수량 이상 실시한다.
주3) 상부구조, 하부구조 최소 1개소 이상 포함하여 실시한다.
주4) 상부구조, 하부구조 최소 1개소 이상 실시하며 시료(코어) 채취 위치는 철근콘크리트 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시하고, 염해에 취약한 해상교량과 하천교량 중 염해의 영향이 있을 것으로 판단되는 하천과 바다가 만나는 합류부 부근 교량의 경우에는 교량 하부 수중부(간만대 또는 비말대)를 대상으로 1곳 이상의 시료를 채취하여 염화물 침투 및 염해 여부를 확인해야 한다.
주5) 도장두께 측정 대상경간은 책임기술자가 선정한다. 상부구조는 전체경간에 25%, 최소 3개 경간 이상을 만족해야 하며, 하부구조는 전개소를 원칙으로 하고 케이블은 형식, 재료에 따라 조사 및 수량을 선택적으로 평가하도록 한다.

【표 3.3.3】 제2종 성능평가 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
코어채취[1]	◦과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		◦ 강도 및 염화물량 시험 등
초음파전달속도시험	◦과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		-
자분탐상시험 (초음파탐상시험)	◦과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		-

※ 책임기술자 판단에 따라 필요시 수중조사, 비파괴재하시험, 주행안전성(철도교량), 긴장재(국부변형시험, 천공시험, 내시경시험, 장력시험) 평가를 할 수 있다.
주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며, 이전에 수행한 성능평가에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 평가기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

다. 재료시험 평가방법

【표 3.3.4】 제2종 성능평가 재료시험 평가방법

구분		재료시험 항목	평가방법
기본 과업	콘크리트	◦콘크리트강도 – 반발경도시험[1)] ◦피복 콘크리트 품질 – 반발경도시험[1)]	◦외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 실시
		◦철근탐사시험 – 철근 배근상태 – 철근 피복두께	◦구조검토를 위한 철근조사 ◦콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		◦탄산화깊이	◦현장측정 ◦탄산화속도계수 산정
		◦염화물 침투량	◦시료채취 및 평가
	강재	◦도장두께	◦영구자석식 측정기 또는 전자식 측정기를 이용해 측정
	기타	◦ 외부긴장재 타음조사	◦강구타격법
선택 과업	콘크리트	◦콘크리트 강도 – 국부파괴시험법 : 코어강도	◦콘크리트강도 평가의 기준 ◦필요시 콘크리트 물성시험 등
		– 비파괴시험 : 초음파전달속도시험	◦외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 실시
	강재	◦강재용접부 결함조사 – 자분탐사 및 초음파탐상	◦강재용접부 결함 탐상

주1) 반발경도시험 결과를 활용하여 콘크리트 강도와 피복콘크리트품질을 평가한다.
피복콘크리트 품질 평가는 건전부, 비건전부를 구분하여 평가하되 책임기술자의 판단에 따라 수량을 조정할 수 있다. 단, 건전부와 비건전부는 각각 최소 1개소 이상 포함되어야한다.

3.3.3 재료시험 기준수량의 조정

가. 연장별 조정비

경간당, 거더당 비율에 따라 기준 수량을 규정한 항목은 연장 300m 미만의 교량을 기준으로 한 것이므로 300m 이상일 경우 연장별 조정비에 따라 기본 재료시험의 기준 수량을 책임기술자의 판단에 따라 관리주체와 협의하여 조정할 수 있다.

– 연장별 조정비

500m : 80%, 1,000m : 60%, 2,000m : 40%, 4,000m이상 : 30~20%

나. 재료시험 기준수량의 조정

교량의 제1종성능평가 및 제2종성능평가 시 하부구조에 대한 콘크리트의 조사·시험은 교대, 교각 개소수를 기준으로 재료시험 기준수량을 정하고 있으나, 라멘식과 같이 한 경간에 교각의 기둥이 다수로 존재하는 하부구조에서의 콘크리트 재료시험 기준수량은 상부구조의 경간수를 기준으로 실시한다.

제 4 장 성능평가기준 및 방법

4.1 안전성능 평가기준 및 방법
4.2 내구성능 평가기준 및 방법
4.3 사용성능 평가기준 및 방법
4.4 종합평가기준 및 방법

제 4 장 성능평가기준 및 방법

4.1 안전성능 평가기준 및 방법

4.1.1 개요

시설물의 안전성능 평가 등급 산정 방법은 상태안전성능 평가와 구조안전성능 평가결과를 비교하여 최저등급으로 결정한다.

Min(상태안전성능, 구조안전성능)

【표 4.1.1】 안전성능평가항목 구분

구분	평가항목			성능평가			비고
				도로교량	철도교량		
					콘크리트궤도	자갈궤도	
교량	상태안전성능			○	○	○	하천(해상)을 횡단하는 교량의 경우 세굴심 평가 실시
	구조 안전성능	구조안전성		○	○	○	
		기초안전성		○	○	○	
		주행 안전성	고유 휨 진동수		○	○	
			임계속도		○	○	
			연직가속도		○	○	
			연직처짐		○	○	
			면틀림		○	○	
			종방향 변위			○	
			단차			○	

도로교량의 경우, 구조안전성능 평가는 구조안전성, 세굴을 포함한 기초안전성 평가를 실시하여 최저등급을 구조안전성능등급으로 결정한다.

Min(상태안전성능, 구조안전성, 세굴을 포함한 기초안전성)

또한, 하천을 횡단하는 교량(해상교량 포함)의 경우는 세굴을 포함한 기초안전성을 평가해야 하며, 그 외 교량의 경우 필요시 책임기술자 판단에 따라 세굴을 제외하고 기초안전성만을 평가 할 수 있다.

철도교량의 경우는 7개 지표 주행안전성 평가를 안전(O.K)/불안전(N.G)으로 실시하도록 하며 전체 구조안전성능 등급에는 영향이 없으나, 철도 운행 및 구조물 안전을 위해 보수보강 참고자료로 활용한다.

주행안전성 : 안전/불안전(고유 휨 진동수, 임계속도, 연직가속도, 연직처짐, 면틀림, 종방향 변위, 단차)

※ 종방향 변위, 단차는 자갈궤도만 평가

4.1.2 상태안전성능 평가기준

가. 일반

부재별 상태안전성능 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 부재별 상태안전성능 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 가능한 전체 상태안전성능 기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성능에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

나. 평가범위

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d의 범위를 적용한다.

【표 4.1.2】 부재별 상태안전성능 적용 범위

부재의 분류		적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블, 긴장재, 아치리브, 트러스	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
보조부재	신축이음, 보호시설, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d

부재별 상태안전성능은 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 책임기술자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 책임기술자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

다. 부재별 상태안전성능 평가기준

1) 콘크리트 바닥판

【표 4.1.3】 콘크리트 바닥판 상태평가기준

기준	균 열[1]		열화 및 손상		
	1방향 균열	2방향 균열	누수 및 백태	표면손상	철근부식
a	○균열폭 0.1㎜미만	○망상균열폭 0.1㎜미만	○없음	○없음	○없음
b	○균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만 ○균열률 2%미만	○망상균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○누수 및 백태 면적 10% 미만 ○데크플레이트 부식 면적 10%미만	○표면손 상 면적 2% 미만	○없음
c	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ○균열률 2%이상~10% 미만	○망상균열폭 0.3㎜이상	○누수 및 백태 면적 10% 이상 ○바닥판 누수로 인한 데크플레이트 부식 면적 10%이상	○표면손 상 면적 2% 이상 10% 미만	○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 .5㎜이상~1.0㎜미만 ○균열률 10%이상~20%미만	○망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	○바닥판 누수로 인한 데크플레이트의 심한 부식으로 탈락 발생	○표면손 상 면적 10% 이상	○철근부식 손상면적 2%이상
e	○균열폭 1.0㎜이상 ○균열률 20%이상	○망상균열에 인한 박리가 심하여 펀칭파괴 발생 가능성 있음	○부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우		

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스거더교량의 상부플랜지의 상태안전성능에 적용한다.

○ 1방향균열의 경우 0.3㎜미만의 균열평가기준을 “b”로 1.0㎜이상의 균열 또는 균열률 20%이상인 상태를 “e”로 평가한다.

○ 2방향균열의 경우 망상균열로 인한 박리 발생시 평가기준을 “d”, 펀칭파괴의 발생 가능성이 있으면 “e”로 평가한다.

○ “열화 및 손상” 손상항목은 표면손상 면적과 철근부식손상 면적으로 평가하며, 철근부식에 따르는 내하력 저하의 가능성이 없으면 표면손상으로, 부식에 의한 철근의 단면감소로 인하여 내하력 저하의 가능성이 있으면 철근부식손상으로 규정한다.

○ 누수는 바닥판의 균열이 상하면을 관통하여 물이 스며드는 현상이며, 변색은 누수가 지속되어 바닥판 표면의 색이 변화된 상태를 지칭한다.

○ 백태는 누수에 의하여 유리석회가 발생하는 현상을 지칭한다.

○ 표면손상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.

○ PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.

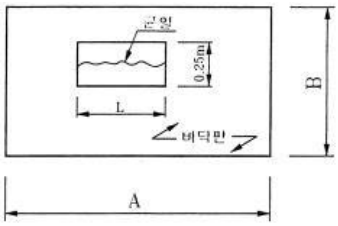
○ 균열률은 폭 0.2㎜이상의 균열을 대상으로 산정한다.

○ 바닥판 하면이 데크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.

○ 콘크리트 균열에 의한 평가기준은 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 분야간의 일관성을 위해 건설기준코드(구 콘크리트 설계기준)에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

○ 책임기술자의 판단하에 구조적균열, 비구조적 균열을 구분하여 평가할 수 있다. 단, 책임기술자가 비구조적균열로 판단할 경우 손상종류, 위치, 크기(균열폭), 등급조정, 사유 등을 별도로 작성하여 반드시 조정내역을 보고서에 수록하도록 한다.

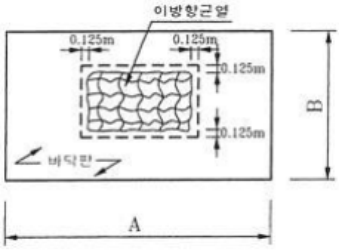
– 1방향 균열인 경우



◦균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구함
◦균열 면적률은 아래 식으로 산정함

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

– 2방향 균열인 경우



◦균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구함
◦균열 면적률은 아래 식으로 산정함

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

– 표면손상에 대한 면적률 산정 방법

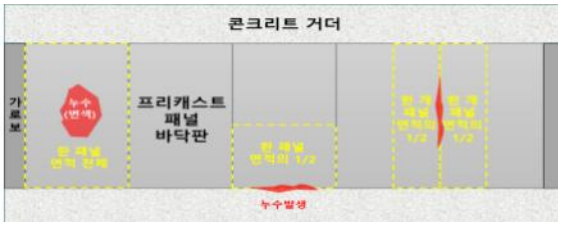
$$\text{표면손상면적률}(\%) = \frac{\text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

– 철근부식 손상면적률 산정 방법

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.

$$\text{철근노출면적률}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

– 프리캐스트패널 바닥판 누수(백태) 면적 산정 방법



◦누수(백태) 면적 계산 시 누수(백태) 발생 패널 단위로 면적 계산
◦프리캐스트패널 누수(백태) 면적 : 누수(백태) 발생부와 접한 프리캐스트패널 면적의 1/2
◦프리캐스트패널 내부 누수(백태)는 한 개 패널 전체 면적으로 산정

$$\text{프리캐스트패널누수(백태)면적률}(\%) = \frac{\text{프리캐스트패널누수(백태)면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑), 아치리브, 트러스

【표 4.1.4】 강 바닥판, 강 거더, 강 교각(강 주탑) 평가기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○없음	○없음	○없음	○없음	○없음
b	○보조부재의 국부적 균열	○보조부재의 국부적 변형	○보조부재 2%미만	○부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	○부식발생 면적 2%미만
c	○보조부재의 전반적 균열 ○주부재의 국부적 균열	○보조부재의 전반적 변형 및 파단 ○주부재의 국부적 변형 ○주탑하단부 연결볼트 부식	○보조부재 2%이상~10%미만 ○주부재 2% 미만	○주부재의 심한 용접불량(기공, 슬래그, 언더컷) ○부분적 용입부족, 용접누락	○부식발생 면적 2%이상~10%미만
d	○주부재의 전반적 균열	○주부재의 전반적 변형 및 파단 ○좌굴에 의한 주부재 변형 ○주탑하단부 연결볼트 파단	○보조부재 10%이상 ○주부재 2%이상~10%미만	○인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성능저하	○부식발생 면적 10%이상 ○부식에 의한 단면손상 면적 2%이상~10%미만
e	○균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	○좌굴에 의한 과대변형 및 파단으로 주부재의 안전성능 저하	○주부재 10%이상	○인장플랜지 용접 연결부 균열진전 으로 인해 연결 기능 상실	○부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태안전성능 평가에 적용한다.

○ 강재 거더에 대한 상태안전성능 평가시 용접연결부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 평가를 수행한다.

○ 주부재라 함은 바닥판(거더)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상·하부 플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평/수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.

○ 용접불량의 종류는 내하력저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

○ 부식발생면적과 도장탈락면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장탈락은 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하며, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.

○ 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

○ 강 주탑의 경우 케이블 정착구와 새들은 케이블 시스템에 포함하여 평가하며, 주탑 본체는 강 교각의 평가기준을 적용한다. 강 주탑 평가시 보조주탑 및 기초와의 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.

○ 하중이 집중되는 부재연결판(트러스교의 현재, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 교량의 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결판의 안전성능을 별도로 평가한다.

【표 4.1.5】 프리스트레스 콘크리트 바닥판 상태평가기준

기준	균 열	열화 및 손상		
		누수 및 백태	표면손상	철근부식
a	○없음	○없음	○없음	○없음
b	○균열폭 0.2㎜ 미만 ○균열률 2%미만	○누수 및 백태 면적 10% 미만 ○데크플레이트 부식 면적 10%미만	○표면 손상면적 2%미만	○없음
c	○균열폭 0.2㎜이상~0.3㎜미만 ○균열률 2%이상~10% 미만	○누수 및 백태 면적 10% 이상 ○바닥판 누수로 인한 데크플레이트 부식 면적 10%이상	○표면 손상면적 2%이상~10%미만	○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ○균열률 10%이상~20%미만	○바닥판 누수로 인한 데크플레이트의 심한 부식으로 탈락 발생	○표면 손상면적 10% 이상 ○철근부식 손상면적 2%이상 ○데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생	○철근부식 손상면적 2%이상
e	○균열폭 0.5㎜이상 ○균열률 20%이상	○부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우		

3) 철근콘크리트 거더

【표 4.1.6】 철근콘크리트 거더 평가기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	○균열폭 0.1㎜ 미만	○없음
b	○균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만
c	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ○내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○표면 손상면적 10%이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○균열폭 1.0㎜이상 ○휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성능 저하	○지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성능 저하

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC박스거더교의 거더부(복부판과 하부플랜지)의 평가에 적용한다.

○ 철근콘크리트 부재의 경우 재료 및 구조적 특성상 어느 정도의 균열을 동반하는 구조체이며, 사인장균열과 휨균열 및 기타 균열을 구분하지 않고 하나의 평가기준을 적용하였다.

○ 0.1㎜미만의 균열은 콘크리트 부재에 흔히 발생할 수 있는 미세균열로써 평가기준을 “a”로 분류하였고, 1.0㎜이상의 균열은 구조적 균열로써 “e”로 분류하였다.

○ 철근콘크리트 거더에 발생한 손상의 경우, 철근에 영향을 미치지 않을 경우에는 표면손상으로, 철근노출 및 열화로 인해 철근부식의 가능성이 있을 경우에는 철근부식손상으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

○ 책임기술자의 판단하에 구조적균열, 비구조적 균열을 구분하여 평가할 수 있다. 단, 책임기술자가 비구조적균열로 판단할 경우 손상종류, 위치, 크기(균열폭), 등급조정, 사유 등을 별도로 작성하여 반드시 조정내역을 보고서에 수록하도록 한다.

4) 프리스트레스트 콘크리트 거더

【표 4.1.7】 프리스트레스트 콘크리트 거더 평가기준

기준	균 열	열화 및 손상
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 균열폭 0.2㎜미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.2㎜이상~0.3㎜미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 0.5㎜이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성능 저하	○ 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 평가에 적용한다.

○ 프리스트레스트 콘크리트 거더의 경우에는 긴장재로 인해 철근콘크리트 거더보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가기준을 중앙부(휨) 균열, 받침부(사인장) 균열 및 정작부 균열로 구분하지 않고 하나의 평가기준을 적용한다.

○ 프리스트레스 콘크리트 거더의 단부 콘크리트가 파손이 심하거나 정착부 파손으로 안정성이 저하되는 경우 평가기준을 “e”로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

○ PSC 부재는 균열이 발생하지 않도록 설계하므로, 균열이 없을 경우의 평가기준은 “a”로, 0.5㎜이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성능이 우려되므로 “e”로 분류한다.

○ PSC 박스거더의 경우 하부플랜지와 복부는 거더로 평가하며, 상부플랜지는 바닥판으로 평가한다.

○ 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

○ 설계·시공방법을 검토하여 인장균열을 제어하기 위해 긴장재 긴장을 한 프리플렉스교의 경우에는 프리스트레스트 콘크리트로 평가할 수 있다.

○ 책임기술자의 판단하에 구조적균열, 비구조적 균열을 구분하여 평가할 수 있다. 단, 책임기술자가 비구조적균열로 판단할 경우 손상종류, 위치, 크기(균열폭), 등급조정, 사유 등을 별도로 작성하여 반드시 조정내역을 보고서에 수록하도록 한다.

5) 콘크리트 가로보

【표 4.1.8】 콘크리트 가로보 평가기준

기준	균 열	열화 및 손상, 철근부식
a	○균열폭 0.1㎜미만	○없음
b	○균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만
c	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 0.5㎜이상	○표면 손상면적 10%이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	-	-

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 평가를 적용한다.

○ 2차부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 평가기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

○ 책임기술자의 판단하에 구조적균열, 비구조적 균열을 구분하여 평가할 수 있다. 단, 책임기술자가 비구조적균열로 판단할 경우 손상종류, 위치, 크기(균열폭), 등급조정, 사유 등을 별도로 작성하여 반드시 조정내역을 보고서에 수록하도록 한다.

6) 강 가로보와 세로보

【표 4.1.9】 강 가로보와 세로보 평가기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○없음	○없음	○없음	○없음	○없음
b	○보조부재의 국부적 균열	○보조부재의 국부적 변형	○보조부재 2%미만	○부분적 용접불량 (기공,슬래그,언더컷)	○부식발생 면적 2%미만
c	○보조부재의 전반적 균열 ○주부재의 국부적 균열	○주부재의 국부적 변형 ○변형 및 충격에 의한 손상발생	○보조부재 2%이상~ 10%미만 ○주부재 2% 미만	○주부재의 심한 용접불량 (기공,슬래그,언더컷) ○부분적 용입부족, 용접누락	○부식발생 면적 2%이상~10%미만 ○부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	○주부재의 전반적 균열	○주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 ○부재의 파단발생	○보조부재 10%이상 ○주부재 2%이상	○인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성능저하	○부식발생 면적 10%이상 ○부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	–	–	–	–	–

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 강I거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블교량의 강 가로보와 세로보의 평가에 적용한다.

○ 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 평가기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 경우 상·하부 플랜지, 복부판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.

○ 용접연결부 결함에 대한 평가기준을 용접불량의 종류에서 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

○ 부식 발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.

○ 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

7) 케이블

【표 4.1.10】케이블부재 평가기준

기준	케이블 부재			정착구	행어밴드, 새들
	부식	손상, 단선	보호관		
a	○없음	○없음	○없음	○없음	○없음
b	○점녹발생길이 10% 미만	○케이블의 변형발생	○보호관 파손길이 2%미만	○정착구 누수발생	-
c	○점녹발생길이 10% 이상 ○부식발생길이 2% 미만 ○내부소선 부식발생	○케이블의 변형으로 소선 손상 ○소선단선 갯수 2%미만	○보호관 파손길이 2%이상~ 10%미만	○표면부식 발생 ○변형 발생 ○댐퍼 열화, 변형 ○정착구 체수로 인한 강재부식 및 콘크리트 열화 발생	○부식발생 ○행어밴드 고정볼트 긴장력 감소
d	○부식발생길이 2% 이상 ○부식에 의한 단면감소발생 ○내부소선 부식으로 인한 단면손상	○소선단선 개수 2%이상~ 10%미만	○보호관 파손길이 10%이상	○부식으로 인한 단면손상 발생 ○부분적인 파손 ○댐퍼 이탈, 파손 ○정착구 체수로 인한 강재 단면 손상 및 콘크리트 파손 발생	○부식에 의한 단면 손상 발생 ○볼트이완 및 탈락 발생
e	○부식에 의해 케이블 소선 단선 발생	○소선단선 갯수 10%이상	-	○부식 및 파손으로 인한 정착구 안전성능 저하	○볼트이완 및 탈락으로 인한 변형 및 변위 발생 ○행어밴드 및 새들 파손

< 해 설 >

○ 본 평가기준은 현수교의 주케이블과 행어케이블, 사장교의 사장재 및 기타형식의 교량케이블의 평가에 적용한다.

○ 점녹이라 함은 도장두께부족이나 도장하부의 염분입자 등으로 인해 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식평가기준에 비해 완화된 기준을 적용한다.

○ 부식에 의해 발생한 단선은 조치를 취하지 않으면 연속적인 단선이 발생할 가능성이 크므로 엄격한 기준을 적용하여야 하나, 시공중 또는 공용중 일시적으로 발생한 충격에 의해 발생한 단선은 동일한 충격이 지속적으로 반복되지 않으면 손상이 진행되지 않으므로 부식에 의한 단선보다는 완화된 기준을 적용한다.

○ 내부소선의 부식발생여부는 쐐기조사방법에 의해 확인한다.

○ 사장교 사장재에 보호관이 설치되어 있을 경우, 부분적으로 절취하여 케이블의 상태를 확인할 수 있으나, 전체적인 케이블의 상태를 직접적으로 확인할 수 없으므로, 보호관의 상태만 평가한다. 이 경우 보호관의 상태안전성능 기준 범위는 “a~d”이며, 보호관의 손상길이가 전체길이의 10%이상일 경우(d)에는 손상된 보호관을 제거한 후 케이블의 상태를 직접 확인하여야 한다.

○ 현수교의 주탑상부와 앵커블록 내에 설치된 새들은 구조적으로 케이블 부재는 아니지만, 새들의 상태는 주탑이나 앵커블록보다 케이블의 안전과 밀접한 연관이 있으므로 케이블 부재의 평가항목에 포함한다.

8) 긴장재

【표 4.1.11】 긴장재 평가기준

기준	강연선 노출 및 손상	시멘트 그라우트 충전 결함	보호관 손상
a	○ 노출 없음	○ 충전결함 없음	○ 이상 없음
b	○ 노출[1]	○ 충전결함	○ 손상[5]
c	○ 표면부식[2]	○ 충전결함 시 염화물함량[4] 1.2kg/㎥ 이상 ~ 2.5kg/㎥미만	–
d	○ 단면손실을 동반한 부식[3]	○ 충전결함 시 염화물함량 2.5kg/㎥이상	–
e	○ 강연선(소선) 파단(단선)	–	–

주1) 노출 : 강연선이 그라우트 충전결함으로 피복되지 않은 상태
주2) 표면부식 : 표면에 녹이 발생한 상태
주3) 부식 : 발청이 진전되어 단면감소가 발생된 상태
주4) 염화물함량 : 전 염화물 이온량 기준
주5) 보호관손상 : 누수 또는 백태, 단차, 파손 등

< 해 설 >

○ 시멘트 그라우트의 전염화물 이온량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 내구성능 기준으로 평가한다.

○ 외부텐던에 대한 내부 충전결함은 강구막대를 이용한 청음조사가 일반적으로서 격벽상단 변곡부(크라운부) 및 방향전환블럭 전·후 1.5m 구간에 대해 기본과업으로 실시한다.

○ 강연선이 노출되어 있으나 표면부식이 없는 경우는 “b”이고 표면부식이 있으면 “c”이며 단면손실이 발생한 경우 “d”이다.

○ 외부긴장재의 보호관은 강연선과 충전재(그라우트)의 케이싱 역할로 중요도가 높지 않으므로 평가기준 범위를 “a~b”로 하며, 평가기준이 “b” 일지라도 보호관 역할을 수행 못 할 정도의 손상이 조사되었을 경우에는 책임기술자가 판단하여 보수방안을 제시한다.

○ 강연선의 파단(단선) 시작은 연속적인 추가 파단으로 이어질 수 있으므로 시설물의 사용을 중지하고 장력시험(외부강연선) 또는 재하시험(내부강연선)을 실시하여 결과에 따라 보수·보강 이후 계속사용 또는 개축을 검토하여야 한다.

○ 강연선의 기준 “a~e”와 시멘트그라우트의 기준 “c~d”를 산정하기 위한 선택과업(천공시험, 내시경조사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시하여야 한다.

○ 내부긴장재의 경우 외관조사 시 프리스트레스트 콘크리트거더 상태안전성능 균열 평가기준 “d, e“에 해당하는 균열폭의 구조적균열이 발견될 경우 균열에 대한 분석을 실시하여 긴장재 손상과 관련된 구조적 균열로 의심될 경우 책임기술자의 판단에 따라 천공시험 등을 실시하여 강연선의 평가기준을 적용하여야 한다.

○ 이때, 선택과업(국부변형시험, 천공시험, 내시경조사, 국부파취조사, 장력시험 등)에 대한 비용 산정은 필요시 견적을 받아 실제비용으로 계상한다.

9) 교대

【표 4.1.12】 교대 평가기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	○구체 균열폭 0.1㎜미만	○없음
b	○구체 균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만 ○앵커블록 내부 결로 발생
c	○구체 균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만 ○교대와 날개벽사이에 폭 1.0㎜이상의 균열발생	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만 ○앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	○구체 균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ○날개벽 기울음 및 손상 심화(배면토 유출) ○기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	○표면 손상면적 10% 이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○구체 균열폭 1.0㎜이상 ○날개벽 전도 위험 있음 ○부등침하로 인한 교대 안전성능 저하	○코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈락 가능성 있음 ○심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성능이 저하됨

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대와 현수교의 앵커블록의 평가에 적용한다.

○ 균열폭에 관한 상태안전성능 기준은 교대 구체에서 발생한 균열에 국한한다.

○ 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.

○ 상부구조의 침하 및 단차가 발생하거나, 받침 연단부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e” 로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

○ 타정식 현수교의 앵커블록은 교대의 평가기준에 준하여 평가하며, 앵커블록을 제외한 하부구조물중에서 하중지지와 토류벽체의 기능을 동시에 갖고 있으면 교대로, 하중지지 기능만 있을 경우에는 교각으로 평가한다.

○ 자정식 현수교의 주케이블이 정착되는 교각은 교각의 평가기준에 준하여 평가한다.

○ 책임기술자의 판단하에 구조적균열, 비구조적 균열을 구분하여 평가할 수 있다. 단, 책임기술자가 비구조적균열로 판단할 경우 손상종류, 위치, 크기(균열폭), 등급조정, 사유 등을 별도로 작성하여 반드시 조정내역을 보고서에 수록하도록 한다.

10) 콘크리트 교각

【표 4.1.13】 콘크리트 교각 평가기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	○균열폭 0.1㎜미만	○없음
b	○균열폭 0.1㎜이상~0.3㎜미만	○표면 손상면적 2%미만
c	○균열폭 0.3㎜이상~0.5㎜미만	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만
d	○균열폭 0.5㎜이상~1.0㎜미만 ○기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	○표면 손상면적 10% 이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○균열폭 1.0㎜이상 ○부등침하로 인한 교각 안전성능 저하	○코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 ○심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성능이 저하됨

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교각의 평가에 적용한다.

○ 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.

○ 코핑부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

○ 책임기술자의 판단하에 구조적균열, 비구조적 균열을 구분하여 평가할 수 있다. 단, 책임기술자가 비구조적균열로 판단할 경우 손상종류, 위치, 크기(균열폭), 등급조정, 사유 등을 별도로 작성하여 반드시 조정내역을 보고서에 수록하도록 한다.

11) 기초

【표 4.1.14】 기초 평가기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3㎜ 미만의 균열 발생	○ 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴등에 의해 노출됨
c	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3㎜ 이상의 균열 및 단면손상 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	○ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	○ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	○ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 ○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	○ 기초의 파손 및 침식으로 인한 하부구조물의 안전성능 저하	○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 케이블 교량의 주탑기초를 포함하여 모든 하부구조물의 기초의 평가에 적용한다.

○ 기초 자체의 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등이 있으며, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.

○ 지반의 안정성 평가항목의 경우, 세굴이 진행하여 기초 하부의 국부적인 노출이 발생하면 평가기준은 “c”로 평가하고, 기초하부의 전반적인 노출 및 부등침하 발생시 “d”로 평가하며, 부등침하로 인한 상부구조물의 안전에 위해가 발생할 경우 “e”로 평가한다.

12) 교량받침

【표 4.1.15】 교량받침 상태평가기준

기준	받침 본체		받침 콘크리트 등
	탄성받침	강재받침	
a	○외관상태 양호	○외관상태 양호	○외관상태 양호
b	○미세균열 등 경미한 열화	○외부 도장탈락 및 부식 ○도장탈색, 먼지 쌓임	○부분적 박리, 탈락 등 손상
c	○균열이 심화되어 고무재가 갈라짐 ○전단변형량이 받침고무 두께의 0.7배(사용한계상태) 이상	○미끄럼판 부식 발생 ○부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	○받침 콘크리트에 0.3㎜이상 균열 발생 ○박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	○고무 본체의 보강 철판에 부식이 진행됨 ○측면 부풀어 고무재에 균열이 발생함 ○전단변형량이 받침고무 두께의 1.5배(극단상황한계상태) 이상 ○받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 ○받침의 신축기능 불량	○받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 ○받침 본체 파손 ○받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	○받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	○받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 ○받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	○받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ○받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 ○작동불능 상태	-

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 강재 및 탄성받침의 평가에 적용하며, 기타 특수받침의 경우에도 본 평가기준을 준용한다.

○ 받침 본체는 평가기준 범위는 “a～e”를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 “a～d”로 한다.

13) 신축이음

【표 4.1.16】 신축이음 평가기준

기준	본 체	후타재
a	○없음	○양호
b	○토사, 이물질 퇴적 ○고무판 노화	○미세균열 발생
c	○물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 ○유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 ○고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 ○누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	○균열이 50㎝이하의 간격으로 발생 ○국부적인 박리, 박락, 파손
d	○강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 ○신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 ○신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 ○신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	○신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행 시 충격발생 ○파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	-	-

< 해 설 >

○ 본 상태안전성능 기준은 모든 신축이음의 평가에 적용한다.

○ 기타부재인 신축이음의 평가기준 범위를 “a～d”로 한다.

○ 신축이음 본체 하부의 전체적인 부식 및 변형이 발생하는 경우 “d”로 평가하며, 긴급보수·보강을 실시한다.

○ 후타재 균열이 30㎝이하의 간격으로 발생하거나, 전반적인 파손과 단차가 발생하면 평가를 “d”로 한다.

14) 교면포장

【표 4.1.17】 아스팔트 콘크리트 교면포장 상태평가기준

기준	포장불량1)		배 수
a	○없음	○없음	○없음
b	○포장불량률 5%미만	○포장손상이 미미하여 차량 주행에 영향이 없는 상태	○배수경사 및 배수시설 불량에 의한 부분적인 물고임이 발생한 상태
c	○포장불량률 5%이상~10%미만	○포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치는 상태	○배수경사 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성을 저하시키는 상태
d	○ 포장불량률 10%이상	○포장손상이 심하여 전반적인 보수가 필요하거나 재포장을 고려해야하는 상태	○배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성이 저하되는 상태
e	-	-	-

< 해 설 >

○ 본 상태평가기준은 아스팔트 콘크리트 교면포장 상태평가에 적용한다.

○ 교면포장의 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 포장불량률은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 상온형 아스콘 등으로 임시보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.

○ 평가기준 “d”는 균열율을 포함하여 포장불량이 10%이상인 상태로 전반적인 보수가 필요하거나 또는 재포장을 고려해야하는 상태로 평가한다.

○ 필요시 관리주체는 포장부에 대한 코어시험 및 GPR탐사 등을 추가과업으로 실시할 수 있으며, 책임기술자는 시험 및 탐사결과와 상태평가 결과를 종합적으로 분석하여 보수 또는 재포장 여부 등을 결정할 수 있다.

○ 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시한다.

○ 이때, 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)에 대한 비용산정은 지침에 따라 실비로 계상한다.

▷ 코어시험	○포장 균열부의 깊이, 방수층 손상, 콘크리트 상판 손상 등 확인
▷ GPR탐사	○포장 두께, 공동, 체수 여부 등 취약부위의 확인

【표 4.1.18】 시멘트 콘크리트 교면포장 상태평가기준

기준	포장불량1)		배 수
a	○없음	○없음	○없음
b	○포장불량률 10%미만	○포장손상이 미미하여 주행에 영향이 없는 상태	○배수경사 및 배수시설 불량에 의한 부분적인 물고임이 발생한 상태
c	○포장불량률 10%이상~30%미만	○포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향을 미치는 상태	○배수경사 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성을 저하시키는 상태
d	○포장불량률 30%이상	○포장손상이 심하여 전반적인 보수·보강이 필요하거나 재포장을 고려해야하는 상태	○배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성이 저하되는 상태
e	-	-	-

< 해 설 >

○ 본 상태평가기준은 시멘트 콘크리트 교면포장 상태평가에 적용한다.

○ 교면포장의 상태평가기준 범위를 “a~d”로 한다.

○ 포장불량률은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 상온형 아스콘 등으로 임시보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.

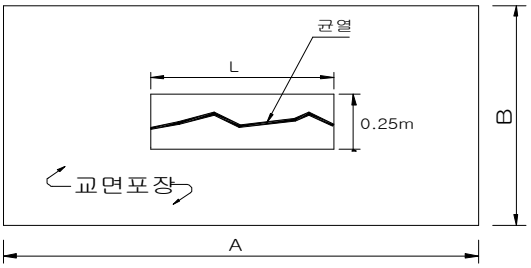
○ 평가기준 “d”는 균열율을 포함하여 포장불량이 30%이상인 상태로 전반적인 보수가 필요하거나 또는 재포장을 고려해야하는 상태로 평가한다.

○ 필요시 관리주체는 포장부에 대한 코어시험 및 GPR탐사 등을 추가과업으로 실시할 수 있으며, 책임기술자는 시험 및 탐사결과와 상태평가 결과를 종합적으로 분석하여 보수 또는 재포장 여부 등을 결정할 수 있다.
○ 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)은 책임기술자의 기술적인 판단에 따라 관리주체의 승인을 받아 실시한다.
○ 이때, 선택과업(코어시험, GPR탐사 등)에 대한 비용산정은 지침에 따라 실비로 계상한다.

▷ 코어시험	○포장 균열부의 깊이, 방수층 손상, 콘크리트 상판 손상 등 확인
▷ GPR탐사	○포장 두께, 공동, 체수 여부 등 취약부위의 확인

주1) 균열률 산정 방법

■ 1방향 균열인 경우

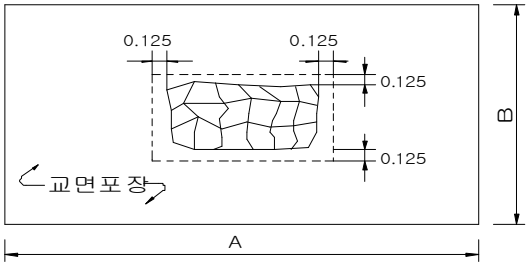


○ 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상인 경우는 각 균열 길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
○ 1방향 균열 포장불량률 산정은 다음 식과 같다.

$$\frac{\sum \text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

○ 여기서, 조사단위 면적은 바닥판 한경간의 면적을 말한다.

■ 2방향 균열인 경우



○ 균열발생 면적은 균열부위를 가로,세로의 최외측 균열을 경계로 사각형으로 구획한 후, 점선 내면면적인(가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
○ 2방향 균열 포장불량율 산정은 다음 식과 같다.

$$\frac{\sum \text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{균열발생면적}(\text{㎡})}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

○ 여기서, 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.

주2) 포장불량률 산정 방법

○ 포장불량률은 1 · 2방향 균열면적률 및 그 외 손상면적률을 전부 더한 값을 말한다.
○ 포장불량률 = 1 · 2방향 균열 면적률(%) + 그 외 손상 면적률(%) = 포장불량률(%)

15) 배수시설

【표 4.1.19】 배수시설 평가기준

기준	상태기준 설명
a	○양호
b	○다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	○배수시설의 상태불량, 길이부족 ○많은 퇴적물, 누수 ○누수로 인하여 구조물 부식 발생 ○배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 따른 위험 초래
d	○파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	-

< 해 설 >
○ 본 상태안전성능 기준은 모든 배수시설의 평가에 적용한다.
○ 기타부재인 배수시설의 평가기준 범위를 “a~d”로 한다.
○ 평가기준 “d”는 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태로 정의한다.
○ 한 경간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최젓값을 배수시설의 평가결과로 한다.

16) 보호시설

【표 4.1.20】 보호시설 평가기준

기준	강 재		콘크리트
a	○양호	○양호	○양호
b	○도장 불량 10%미만	○고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	○경미한 손상, 0.3㎜이하 균열
c	○도장 불량 10%이상 ○부식으로 인한 단면 손상 10%미만	○파손 및 탈락 10%미만	○0.3㎜이상 균열 ○박리, 파손, 철근노출 10% 미만 ○철근부식손상 길이 2% 미만
d	○부식으로 인한 단면 손상 10%이상	○파손 및 탈락 10%이상 ○낙석으로 인한 손상발생 ○고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음	○박리, 파손, 철근노출 10% 이상 ○철근부식손상 길이 2% 이상
e	-	-	-

< 해 설 >
○ 본 상태안전성능 기준은 강재 및 콘크리트 난간 및 연석을 포함하여 모든 난간과 연석의 평가에 적용한다.
○ 기타부재인 난간과 연석의 평가기준 범위를 “a~d”로 하며, 평가단위는 부재의 길이로 한다.
○ 중앙분리대, 방호벽, 방음벽(방음판을 제외한 방음벽 전체)의 평가시 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.
○ 강재의 경우 도장 변색 및 손상 평가길이의 10%이상 즉, 단면 결손으로 차량이나 사용자에게 위험 가능성이 있는 평가기준은 “c”로 평가한다.
○ 콘크리트는 0.3㎜이상의 균열이 발생할 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.
○ 책임기술자의 판단하에 구조적균열, 비구조적 균열을 구분하여 평가할 수 있다. 단, 책임기술자가 비구조적균열로 판단할 경우 손상종류, 위치, 크기(균열폭), 등급조정, 사유 등을 별도로 작성하여 반드시 조정내역을 보고서에 수록하도록 한다.

라. 공중이 이용하는 부위

평가항목	평가등급	평가기준
추락방지 시설	a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
	b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
	c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생 할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
	e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태
도로포장 파손	a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
	b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
	c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불쾌감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
	e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태
도로부 신축이음부	a	○신축이음부에 손상이 없는 상태
	b	○신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
	c	○신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
	d	○신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
	e	○신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태
환기구 등의 덮개	a	○환기구 등의 덮개가 최상의 상태
	b	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
	c	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
	d	○덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
	e	○결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

마. 구조형식에 따른 부재별 가중치

【표 4.1.21】 일반교량 부재별 가중치

성능구분	시설물		일반교량									비고
			Slab교	거더 분리형 교량			일체형 교량		라멘교			
				일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강바닥판	PSC박스	거더 없음	거더		
										2차부재	2차부재 없음	
상태안전성능	상부구조	바닥판	44	15	17	-	15	15	44	15	19	
		거더	-	25	27	44	25	25	-	25	25	
		2차부재	-	4	-	14	4	4	-	4	-	
	하부구조	교대/교각	13	13	13	13	13		13	13	13	
		기초	12	12	12	12	12		12	12	12	
	받침	교량받침	15	15	15	15	15		15	15	15	
	기타	신축이음	7	7	7	-	7		7	7	7	
		교면포장	4	4	4	-	4		4	4	4	
		배수시설	3	3	3	-	3		3	3	3	
		보호시설	2	2	2	2	2		2	2	2	
	소 계		100	100	100	100	100	100	100	100	100	

<해 설>

○ 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널시설물의 상태안전성능 기준에 따라 평가한다.
단, 박스형 복개구조물 상부슬래브에 차량하중 작용시 라멘교에 준해서 평가한다.

○ 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.

○ 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.

○ 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

○ 긴장재는 거더에 긴장력을 도입하여 일체로 거동하는 부재이므로 거더에 포함하여 평가하고, 긴장재의 가중치는 거더와 균등하게 배분한다.

【표 4.1.22】 특수교량 부재별 가중치

성능구분	시설물		특수교량								비고
			아치교 · 트러스교		현수교		사장교		엑스트라도즈드교		
			바닥판	바닥판 없음	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	
상태안전성능	상부구조	바닥판	4	–	10	–	11	–	15	–	
		거더 (보강형)	11	13	10	15	11	17	13	18	
		아치리브·트러스	15	15	–	–	–	–	–	–	
		케이블	12	13	22	30	21	29	10	23	
		2차부재	2	3	3	–	3	–	3	–	
	하부구조	주탑	–		13		13		13		
		보조주탑	–		4		4		4		
		교대 (앵커블럭)	13		8		5		5		
		교각			–		3		3		
		기초	12		4		3		3		
	받침	교량받침	15		10		10		15		
	기타	신축이음	7		7		7		7		
		교면포장	4		4		4		4		
		배수시설	3		3		3		3		
		보호시설	2		2		2		2		
	소 계		100	100	100	100	100	100	100	100	

<해 설>

○ 케이블의 구조적 기여도는 현수교>사장교>엑스트라도즈드교의 순이며, 거더의 기여도는 이와는 반대로 현수교<사장교<엑스트라도즈드교 순이다.

○ 상기 표에서 일반거더형이라 함은 바닥판과 거더가 구분되어 있는 교량을 말하며, 보강형과 PSC 박스는 박스단면의 상부플랜지가 바닥판의 역할을 하는 폐합된 거더의 형태를 말한다.

○ 일반거더형 케이블 교량의 경우 바닥판과 거더는 일반교량의 바닥판과 거더의 상태안전성능 기준에 준하여 평가하고, 보강형은 강거더, PSC 박스는 PSC 박스거더 부재의 상태안전성능 기준에 준하여 평가한다. 또한, 보강형 내부의 격벽은 강재 가로보의 상태안전성능 기준에 준하여 평가한다.

○ 상기 표에서 교각이라 함은 하부구조물중에서 주탑, 앵커블록 및 교량 양단부의 교대(교각)를 제외하고 케이블 교량구간에 추가로 설치된 교각을 말하며, 추가 설치된 교각이 없을 경우에는 교각의 가중치를 교대의 가중치에 포함한다.

○ 보조주탑은 주탑과 기초사이에 설치되어 주탑과 상부구조의 하중을 기초로 전달하는 콘크리트 기둥을 말하며, 콘크리트 교각(주탑)의 상태평가기준에 준하여 평가한다. 보조주탑이 없을 경우 보조주탑의 가중치를 주탑의 가중치에 포함한다.

○ 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 주탑(보조주탑이 있을 경우에는 보조주탑)과 교대/교각/앵커블록의 가중치에 균등 분배한다.

○ 아치교, 트러스교의 케이블이 없을 경우, 케이블에 할당된 가중치는 바닥판, 거더, 아치리브/트러스에 균등분배 한다.

○ 케이블교량 구간은 상부구조물의 하중이 케이블부재에 의하여 지지되는 구간까지를 말한다. 즉, 현수교의 주케이블이 일반교량 구간에 설치된 앵커블럭에 연결된 경우에는 거더가 행어케이블에 의해 주케이블에 연결되는 구간까지를 현수교의 구간으로 정의한다.

바. 경간(지점)별 부재 상태안전성능 산정

개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태안전성능 결과 중 최젓값을 개별 부재 상태안전성능 결과로 산정한다.

한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태안전성능 기준 중 최젓값을 경간(지점) 상태안전성능 결과로 산정한다.

복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

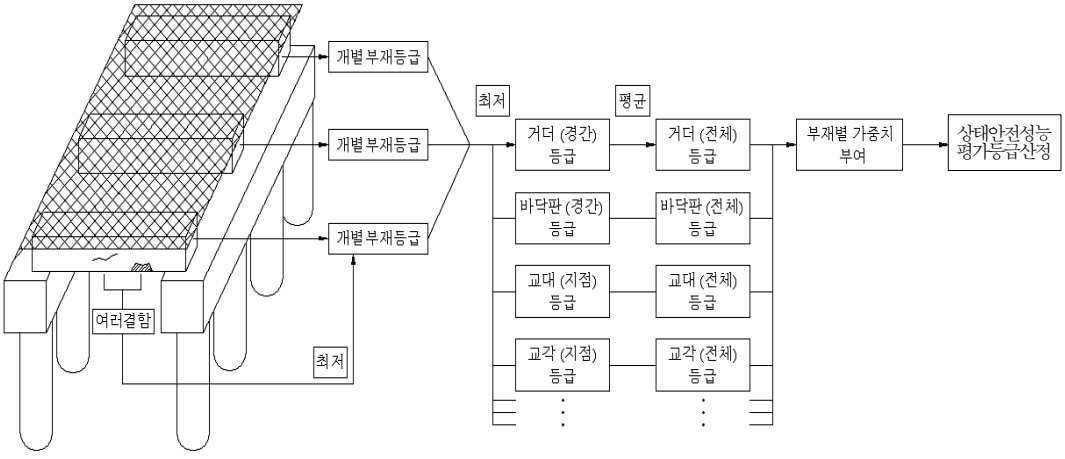
사. 전체 시설물의 상태안전성능 결과 결정

1) 구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태안전성능을 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태안전성능 결과를 산정하기 위한 기준값이며, [표 4.1.23]의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태안전성능 결과를 구한다.

【표 4.1.23】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
결함도 범위	0≤X<0.13	0.13≤X<0.26	0.26≤X<0.49	0.49≤X<0.79	0.79≤X

2) 다음은 전체 교량의 상태안전성능 결과 산정 방법의 예를 도식화한 결과이다.



4.1.3 구조안전성능평가기준

가. 일반

구조안전성능 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

교량의 구조안전성능 평가는 외관조사 및 비파괴 현장시험에 의한 교량부재별 상태안전성능 평가를 분석하고 필요시 내하시험, 구조해석 등의 실시결과를 고려한 이론적 계산과 해석적 검증을 통해 성능지표를 검토하여 교량에 대한 안전성능을 평가한다.

본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 구조안전성능 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다. 또한, 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

만약 구조안전성능이 상태안전성능보다 같거나 낮은 등급으로 결정 될 경우, 구조안전성능의 평가등급에 따른 결함도 지수는 구조물의 안전측면을 고려하여 결함도 점수 범위에 따른 기준의 등급별 결함도 범위 점수 중 최젓값을 사용하며 설정된 결함지수는 [표 4.1.24]과 같다.

【표 4.1.24】 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수 (상태안전성능등급≥구조안전성능등급)	0.129	0.259	0.489	0.789	0.999

나. 구조안전성능 기준

1) 내하력 평가

구조물의 구조안전성능은 주요 구조부재의 정밀외관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다.

강교의 경우 허용응력설계법(이하 ‘허용응력법’), 콘크리트교는 강도설계법(이하 ‘강도법’)으로 설계되었다.

구조안전성능 평가의 기본개념은 현행 도로교 설계방법으로 규정된 허용응력법과 강도법을 적용하며, 교량의 상부구조형식 및 사용재료에 따라 [표 1.59]와 같이 평가방법을 기본적으로 적용한다.

또한, 거더교의 바닥판은 강도법을 적용하며 표에 규정되어 있지 않은 상부구조형식을 갖는 교량의 평가방법에 대해서는 해당 교량형식의 설계방법이나 당초 설계법을 사용하여 평가한다.

【표 4.1.25】 상부구조 형식 및 구조재료에 따른 평가방법

구분	교량 상부구조 형식	교량 재료	안전성능 평가방법
콘크리트교	RC 슬래브교	철근콘크리트	강도법
	RC 라멘교	철근콘크리트	강도법
	RC T거더교	철근콘크리트	강도법
PSC 교	PSC I거더교, PSC 박스 거더교	프리스트레스트 콘크리트	허용응력법, 강도법
강교	강 I거더교	압연강재	허용응력법
	강박스거더교	판형강재	허용응력법
	플레이트거더교	판형강재	허용응력법
콘크리트교 강교	한계상태설계법으로 설계된 교량	콘크리트, 강	한계상태설계법

※ PSC 거더의 하중단계별 응력검토는 허용응력법을 적용하며 극한하중에 대해 안전성능 검토를 강도법으로 수행하여야 한다.

구조안전성능 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 구조안전성능은 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 구조안전성능을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서 구조안전성능은 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 구조안전성능 결과를 산정한다.

【표 4.1.26】 구조물의 구조안전성능 기준

기준	구조안전성능 기준	비 고
A	SF > 1.0	◦허용응력설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+l}}$ ◦강도설계법 $SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi Mn}{Mu}$
B	0.9 ≤ SF < 1 이나, 공용내하력이 설계하중보다 크게 평가된 경우	
C	0.9 ≤SF < 1	
D	0.75 ≤ SF < 0.9	
E	SF < 0.75	

① 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

- 내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시에 하중조합으로는 D+L(1.0+i)을 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다.

사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 건설기준코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준) 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 탄산화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다.

활하중은 현행 건설기준코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준)의 설계활하중을 사용한다.

허용응력법에 의한 내하율은 강 부재의 내하력 산정 시 적용하는 것이 바람직하며, 허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{내하율(RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중 (도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 KRL하중)에 의한 응력

i = 충격계수는 건설기준코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준)에서 제시한 설계 충격계수를 적용

- 공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

여기서, K_s = 응답 보정계수 = $\frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

또는 응답 보정계수 = $\frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

$i_{계산}$ = 도로교의 경우 건설기준코드(구 도로교 설계기준), 철도교의 경우 건설기준코드(구 철도 설계기준)

$i_{실측}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

P_r = 설계 활하중

(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

$\delta_{계산}$($\delta_{실측}$) = 이론적인 처짐량 (실측 처짐량)

$\varepsilon_{계산}$($\varepsilon_{실측}$) = 이론적인 변형률 (실측 변형률)

② 강도법에 의한 공용내하력 평가

- 내하율의 평가

강도법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 도로교량 하중조합은 1.3D+2.15L(1.0+i), 철도교량 하중조합은 1.35D+1.85L(1.0+i)을 사용하므로 하중계수는 각각 도로교량 1.3, 2.15, 철도교량 1.35, 1.85가 된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 건설기준코드(구 도로교 설계기준, 철도 설계기준)의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가 시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정 시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 건설기준코드(구 도로교 설계기준)의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 및 건설기준코드(구 철도 설계기준)의 설계활하중(KRL하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하율은 콘크리트 부재의 내하력 산정에 적용하는 것이 바람직하다.

$$\text{내하율(RF)} = \frac{\varphi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트 (강구조물 ϕ = 1,

RC·PC구조물의 휨부재 ϕ = 0.85)

M_d = 실측 고정하중모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 KRL하중)

γ_l = 활하중 계수

γ_d = 고정하중 계수

i = 도로교의 경우 건설기준코드(구 도로교 설계기준),
철도교의 경우 건설기준코드(구 철도 설계기준)

- 공용내하력의 산정

강도설계법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

여기서, K_s = 응답 보정계수 $= \frac{\delta_{계산}}{\delta_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

또는 응답 보정계수 $= \frac{\varepsilon_{계산}}{\varepsilon_{실측}} \cdot \frac{1+i_{계산}}{1+i_{실측}}$

P_r = 설계활하중
(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 KRL하중)

2) 세굴을 포함한 기초안전성

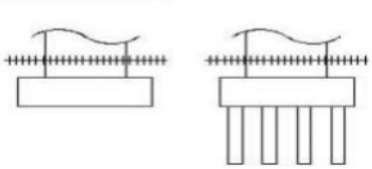
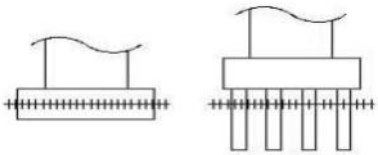
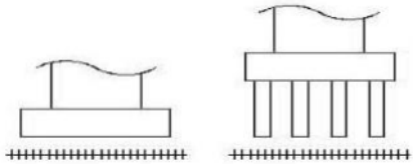
교량의 안전성능에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 평가결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다.

교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성능 확보 유무가 평가되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려해야 한다.

하천을 횡단하는 공용중인 교량에 대한 세굴을 포함한 기초안전성 평가방법은 세굴심 검토와 기초지반의 안전성을 평가하도록 한다.

세굴심 검토와 기초지반의 안전성을 검토하는 2단계의 평가절차를 적용한다. 1단계(세굴심 검토)의 경우, 예상세굴심과 기초근입심도를 비교하여 3가지 경우로 구분한다.

【표 4.1.27】 세굴에 취약한 교량의 등급판정

구 분	계산된 세굴심	필요한 조치
① 기초 상단 위에 세굴심 위치		조치가 필요 없음
② 기초 또는 말뚝 내에 세굴심 위치		기초의 구조 해석 수행
③ 기초 또는 말뚝하단 아래에 세굴심 위치		세굴심을 모니터링 하고 필요시 세굴방지공 설치

<해 설>

○ ① : 계산된 세굴심이 기초상단에 위치하여 안전조치가 필요 없는 경우를 말한다.

○ ② : 기초 또는 말뚝 내에 계산된 세굴심이 있어 구조해석 결과에 따라 안전조치가 필요한 경우를 말한다.

○ ③ : 계산된 세굴심이 기초나 말뚝 하단 아래에 위치하여 긴급한 안전조치가 필요한 경우를 말한다.

기초나 말뚝 내에 예상세굴심이 있는 경우는 2단계(기초안전성)구조해석 결과에 따라 안전조치가 필요한 경우로서 등급 “b~d”로 구분한다.

예상세굴심이 기초상단에 위치하여 안전조치가 필요 없는 경우, 적정세굴보호공이 설치되어 있으며 공용중 세굴발생이 없을 것으로 예상되는 경우를 “a”로 평가한다.

그러나 기존에 세굴방지공이 설치되어 있지만 설계기준을 만족하지 못할 경우는 “b”로 평가한다.

구조해석 결과에 따라 안전율을 확보한 경우는 특별한 안전조치가 필요하지 않은 안전에 지장이 없는 상태이므로 등급 “c”로, 안전율을 확보하지 못한 경우 세굴방지공 설치 등의 긴급한 보수·보강 조치가 필요하므로 등급 “d”로 구분한다.

또한 교량기초는 기초형식에 따라 지지력, 전도, 활동에 안정하여야 하며 기초의 변위량은 허용변위량을 초과하지 않아야 한다.

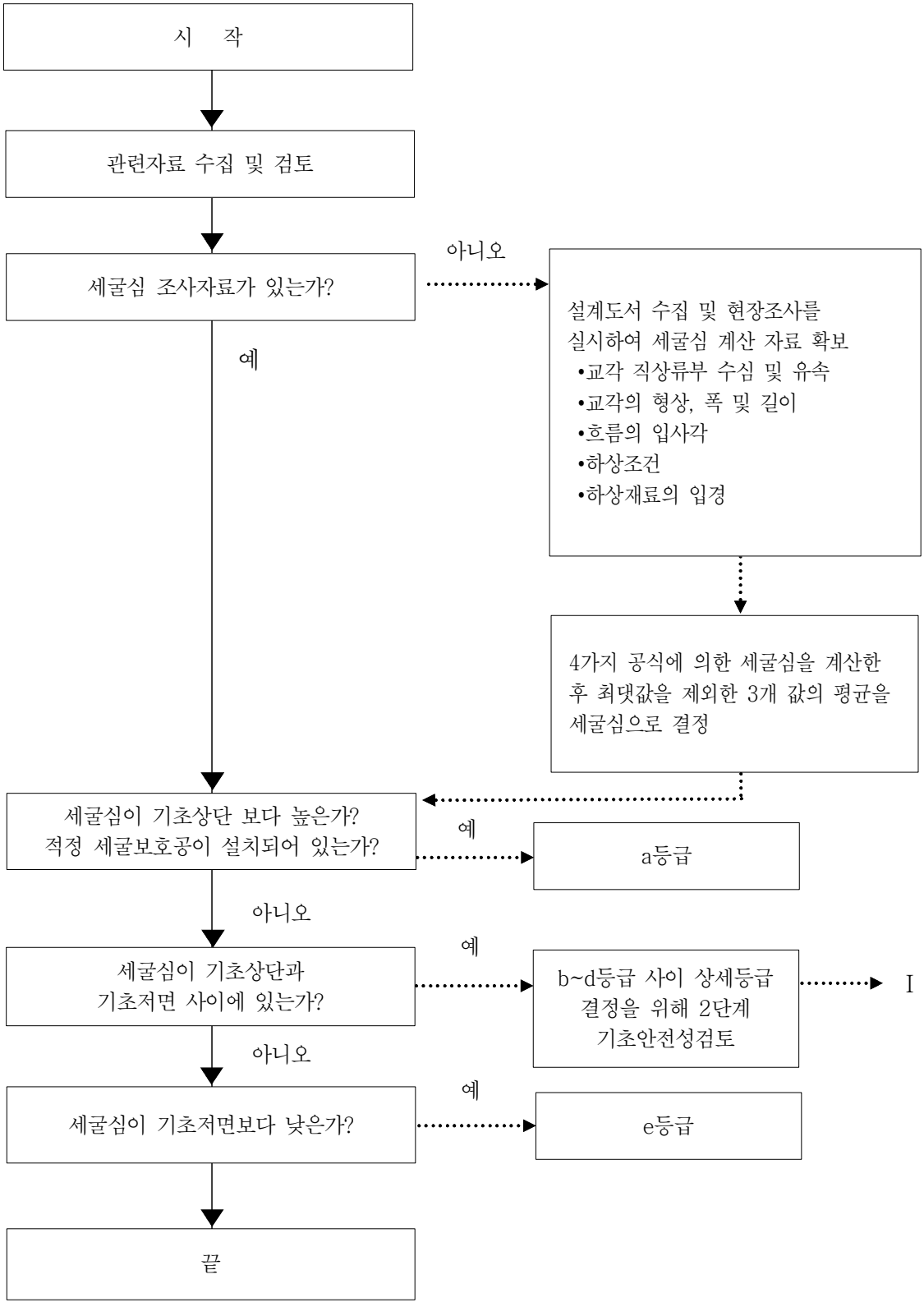
【표 4.1.28】 기초의 안전성능 평가기준

기준	1단계(세굴심 검토)	2단계(기초안전성)
a	○세굴심도가 기초상단보다 높을 경우	○적정 세굴보호공이 설치되어 있으며 공용중 세굴발생이 없는 경우
b	○세굴심도가 기초상단과 지초저면 사이에 있을 경우	○세굴보호공이 설치되어 있으나 설계기준을 만족하지 못한 경우
c		○기초 지지력 확보 S.F.≥1.0 ○허용변위량 이내일 경우
d		○기초 지지력 부족 S.F.<1.0 ○허용변위량을 초과할 경우
e	○세굴심도가 지초저면보다 낮을 경우	-

< 해 설 >
○ 1단계(세굴심 검토)의 세굴심도 계산은 건설기준코드(구 하천설계기준, 도로교설계기준) 등 관련 설계기준을 참고하여 수행한다.
○ 2단계(기초안전성) 평가의 기초지지력은 기초형식별로 도로교설계기준 등 관련 설계기준을 참고하여 책임기술자의 판단에 따라 산정할 수 있다.
○ 2단계(기초안전성) 평가의 실시가 곤란한 경우 책임기술자의 판단에 따라 1단계(세굴심 검토)에 의한 구조안전성능결과를 산정할 수 있다.
○ 지지력의 안전율(S.F)= 지반의 허용지지력/작용응력
○ 기초형식별 허용변위량은 건설기준코드(구 도로교설계기준, 구조물 기초 설계기준) 등 관련 설계기준을 참고하여 결정한다.

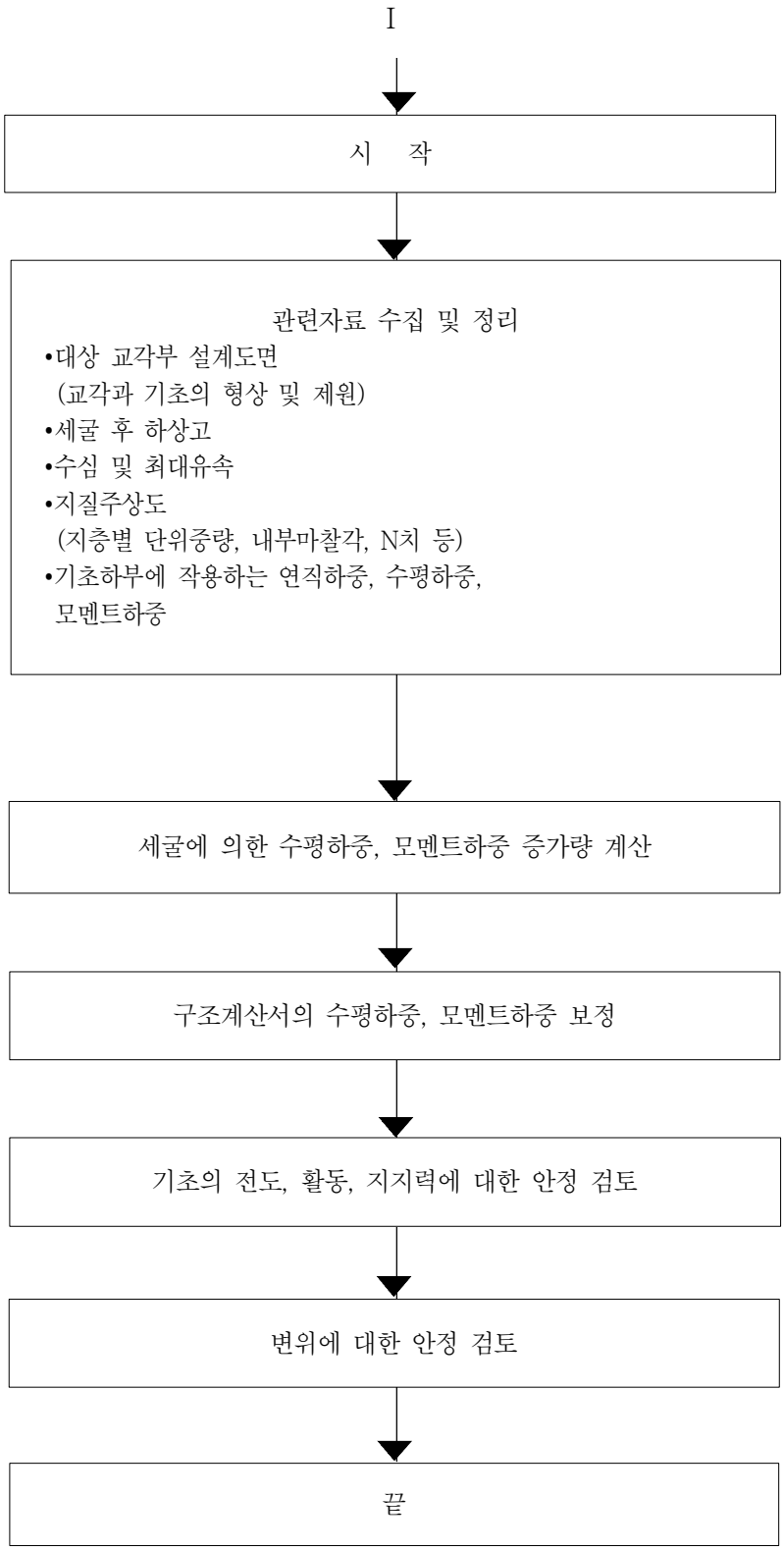
<해 설>
○ 책임기술자는 유속, 교량의 형상, 사석의 크기 등을 고려하여 적정 세굴보호공이 설치여부를 판단할 수 있다.

① 1단계 세굴심 평가



【그림 4.1.1】 1단계 세굴심 평가결과 산정 방법

② 2단계 기초안정성 평가



【그림 4.1.2】 2단계 기초안전성 평가결과 산정 방법

3) 주행안전성 평가

① 교량의 첫 번째 고유 휨 진동수, f_1^m(Hz)

【표 4.1.29】 교량의 첫 번째 고유 휨 진동수에 대한 평가기준

등급	평가기준		비고
	초기 실측자료와 비교[1]	고유치해석에 의한 값과 비교	
안전 (O.K)	$\alpha \geq 1.0$	$\alpha \geq 1.05$	$\alpha = \frac{f_1^m}{f_1^{mp}}$ 또는 $\frac{f_1^m}{f_1^c}$
불안전 (N.G)	$\alpha < 1.0$	$\alpha < 1.05$	

주1) 초기 실측자료가 없는 경우, 가용한 실측자료 중 가장 최근 자료를 적용한다.

② 임계속도, V_{cr}(m/sec)

【표 4.1.30】 임계속도에 대한 평가기준

등급	평가기준	안전율	비고
안전 (O.K)	$V_{cr} > V_{operation}$이고, 초기치[1] 이상인 경우	SF>1.0	·$V_{operation}$: 상시 운행속도 · SF(안전율) = 임계속도/실운행속도
불안전 (N.G)	$V_{cr} \leq V_{operation}$	SF≤1.0	

주1) 초기치가 없는 경우에는 가용한 가장 앞선 평가결과를 적용한다.

③ 교량 상판의 연직가속도, a(m/s^2)

【표 4.1.31】 교량 상판의 연직가속도에 대한 평가기준

등급	평가기준		안전율	비고
	자갈궤도	콘크리트궤도		
안전 (O.K)	0.35g 이하이고, 초기치[1] 이하인 경우	0.50g 이하이고, 초기치[1] 이하인 경우	SF>1.0	· g : 중력가속도 · SF(안전율) = 허용기준/발생응답
불안전 (N.G)	0.35g를 초과하는 경우	0.50g를 초과하는 경우	SF≤1.0	

주1) 초기치가 없는 경우에는 가용한 가장 앞선 평가결과를 적용한다.

④ 교량의 연직처짐, δ

【표 4.1.32】 교량의 연직처짐에 대한 평가기준

등급	평가기준 주행안전성	안전율	비고
안전(O.K)	$L/600$ 이하이고, 초기치[1] 이하인 경우	SF≥1.0	· SF(안전율) = 허용기준/발생응답
불안전(N.G)	$L/600$을 초과하는 경우	SF<1.0	

주1) 초기치가 없는 경우에는 가용한 가장 앞선 평가결과를 적용한다.

⑤ 면틀림

【표 4.1.33】 면틀림에 대한 평가기준

등급	평가기준	안전율	비고
안전(O.K)	면틀림 기준의 값 이하이고, 초기치[1] 이하인 경우	SF≥1.0	· SF(안전율) = 허용기준/발생응답
불안전(N.G)	면틀림 기준의 값을 초과하는 경우	SF<1.0	

주1) 초기치가 없는 경우에는 가용한 가장 앞선 평가결과를 적용한다.

⑥ 상부구조 끝단 상부면 종방향 변위

【표 4.1.34】 상부구조 끝단 상면 종방향 변위에 대한 평가기준

등급	평가기준	안전율	비고
안전(O.K)	8㎜ 이하이고, 초기치[1] 이하인 경우	SF≥1.0	· SF(안전율) = 허용기준/발생응답
불안전(N.G)	8㎜를 초과하는 경우	SF<1.0	

주1) 초기치가 없는 경우에는 가용한 가장 앞선 평가결과를 적용한다.

⑦ 인접 경간 사이 또는 상부구조와 교대 사이의 단차

【표 4.1.35】 인접 경간 사이 또는 상부구조와 교대 사이의 단차에 대한 평가기준

등급	평가기준		안전율	비고
	열차속도 160km/h 미만	열차속도 160km/h 이상		
안전 (O.K)	3㎜ 이하이고, 초기치[1] 이하인 경우	2㎜ 이하이고, 초기치[1] 이하인 경우	SF≥1.0	· SF(안전율) = 허용기준/발생응답
불안전 (N.G)	3㎜를 초과하는 경우	2㎜를 초과하는 경우	SF<1.0	

주1) 초기치가 없는 경우에는 가용한 가장 앞선 평가결과를 적용한다.

4.1.4 구조안전성능 결과 산정방법

가. 구조안전성능 결과산정

평가대상 교량에 대하여 구조안전성능을 실시한 후 그 결과를 비교하여 최저등급을 평가결과로 결정한다.

나. 구조안전성능 결과산정 방법

평가대상 교량에 대하여 구조안전성능 산정 절차는 다음과 같다.

교량의 구조안전성능 평가결과 = Min(구조안전성, 기초안전성), 주행안전성

※ 하천을 횡단하는 교량(해상교량 포함)의 경우 구조안전성평가와 기초안전성평가를 실시하여 둘 중 최저등급으로 결정하며, 철도교량의 경우 주행안전성(7개 평가기준)은 평가하여 철도 운행 및 구조물의 보수보강 의사결정시 참고자료로 활용 한다.

4.1.5 안전성능 결과 산정방법

가. 안전성능 결과산정

1) 평가대상 교량에 대하여 상태안전성능 및 구조안전성능을 실시한 후 그 결과에 의해 산출된 상태안전성능지수와 구조안전성능지수를 비교하여 작은 값을 최종 안전성능지수로 결정하여 교량의 안전성능 결과를 결정한다.

나. 안전성능 결과산정 방법

1) 평가대상 교량에 대하여 안전성능 산정 절차는 다음과 같다.
2) 교량의 안전성능 결과를 결정하기 위해 교량 상태안전성능 및 구조안전성능 결과로 산출된 상태안전성능지수와 구조안전성능지수를 사용하며, 이 값 중에서 작은 값을 교량의 안전성능지수로 적용하여 안전성능 결과를 부여한다.

안전성능등급 = Min(상태안전성능등급, 구조안전성능등급)

4.2 내구성능 평가기준 및 방법

4.2.1 일반

교량 내구성능 평가는 강재 내구성능 평가 및 콘크리트 내구성능 평가로 구성된다. 콘크리트 교의 경우에는 콘크리트 내구성능 평가를 실시하고, 강재 및 콘크리트 부재로 구성된 교량의 경우 각 부재의 가중평균을 적용하여 내구성능등급을 산정한다.

4.2.2 강재 내구성능 평가기준 및 방법

가. 개요

강재 내구성능 평가항목은 크게 내부적 요소(열화진전 요소)와 외부적 요소(열화환경 요소)로 구분되며, 내부적 요소는 '발청', '도장열화', '도장두께' 외부적 요소는 '해안 이격거리', '이산화황 농도', '습도' 등을 포함하는 '대기환경'으로 구성된다.

여기서, 도장열화는 박리, 균열, 부풂, 변색·백아화 등 4가지 열화요인에 대해 각각 평가한다. 발청을 포함하여 도장열화에 대한 세부지표 간의 중요도에 따라 합산 및 등급산정을 한다.

평가대상 부재에 대해 내부적 요소와 외부적 요소에 대해 강재 내구성능을 평가한다.

【표 4.2.1】 교량 평가지표 및 세부평가지표

구분	평가지표	세부 평가지표
강 부재	발청(표면부식)	-
	도장 열화	박리, 균열, 부풂, 백아화
	도장 두께	-
	대기환경	해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도

나. 평가대상 부재

교량의 강재 내구성능 평가 대상 부재를 부재별로 분류하고, 대상부재는 강재가 적용된 부재에 한정한다.

【표 4.2.2】 교량 강재 내구성능 평가 대상 부재

부재 분류	
상부구조	바닥판, 거더, 케이블
	2차부재(가로보 및 세로보)
하부구조	교각, 주탑

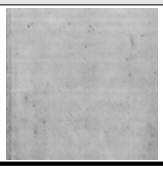
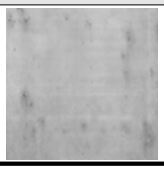
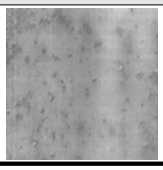
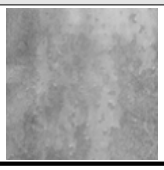
다. 강재 내구성능 평가기준

1) 발청 및 도장열화

(가) 발청(표면부식, 녹)

【표 4.2.3】 발청 평가기준

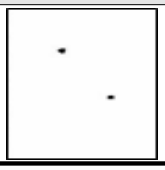
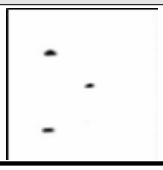
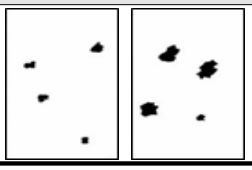
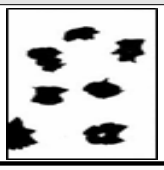
평가 기준	평가내용		비고
	발청 면적	외관 상태	
a	0.05% 미만	외관상 부식이 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 등급 1)	
b	0.05 이상 ~ 0.5% 미만	미소하게 부식이 확인되지만 부식부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 등급 2)	
c	0.5 이상 ~ 5.0% 미만	확실하게 부식되어 있는 상태(표준사진 등급 3)	
d	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 부식되어 있는 상태(표준사진 등급 4/5)	
e	-	-	

발청			
표준사진 등급 1	표준사진 등급 2	표준사진 등급 3	표준사진 등급 4/5
			

(나) 도장 박리

【표 4.2.4】 도장 박리 평가기준

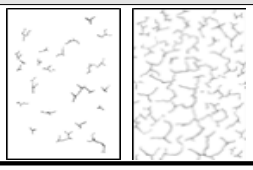
평가 기준	평가내용		비고
	도장 박리 면적	외관 상태	
a	0.1% 미만	외관상 박리가 확인되지 않거나 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)	
b	0.1% 이상 ~ 0.3% 미만	미소하게 박리가 확인되지만, 박리된 부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)	
c	0.3% 이상 ~ 5.0% 미만	확실하게 박리가 보이는 상태(표준사진 3/4)	
d	5.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 박리가 발생되어 있는 상태(표준사진 5)	
e	-	-	

도장 박리			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3/4	표준사진 5
			

(다) 도장 균열

【표 4.2.5】 도장 균열 평가기준

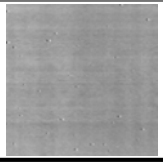
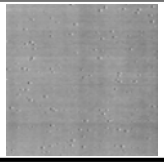
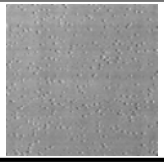
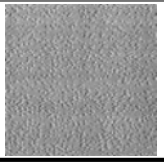
평가 기준	평가내용		비고
	도장 균열 면적	외관 상태	
a	0.05% 미만	외관상 균열이 확인되지 않거나, 있어도 무시할 수 있을 정도의 상태(표준사진 1)	
b	0.05 이상 ~ 0.5% 미만	미소하게 균열이 확인되지만, 균열부분 이외의 도장 방식성능은 유지되고 있는 상태(표준사진 2)	
c	0.5% 이상 ~ 10.0% 미만	확실하게 균열이 보이는 상태(표준사진 3)	
d	10.0% 이상	외관상 거의 전면에 걸쳐 균열이 발생되어 있는 상태(표준사진 4/5)	
e	-	-	

도장 균열			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4/5
			

(라) 도장 부품

【표 4.2.6】 도장 부품 평가기준

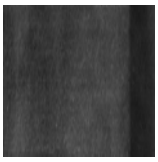
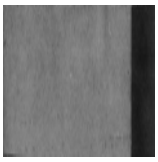
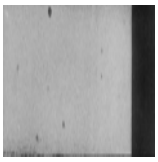
부품 크기 \ 발생면적	0 ~ 0.05% 미만 (표준사진 밀도 2 이하)	0.05 이상 ~ 0.5% 미만 (표준사진 밀도 3)	0.5 이상 ~ 5.0% 미만 (표준사진 밀도 4)	5.0% 이상 (표준사진 밀도 5 이상)
정상적인 교정시력으로 겨우 보이는 정도 이하 (크기등급 2)	a	a	b	c
정상적인 교정시력으로 확실하게 보이는 정도 (0.5㎜이하) (크기등급 3)	a	b	c	d
0.5~5㎜의 범위 (크기등급 4)	b	c	c	d
5㎜ 초과 (크기등급 5)	c	d	d	d

도장 부품 (크기등급 3: 0.5㎜ 부품에 대한 예)			
표준사진 밀도 2 이하	표준사진 밀도 3	표준사진 밀도 4	표준사진 밀도 5 이상
			

(마) 도장 변색 및 백아화

【표 4.2.7】 도장 변색 및 백아화

평가 기준	평가내용		비고
	도장 변색	도장 백아화	
a	초기에 비해 거의 변화 없음	초기에 비해 변화 없음 이탈분말 부착 없음 (표준사진 1)	
b	초기에 비해 변색되어 있음	초기에 비해 미소하게 하얗게 되어 있음 이탈분말이 미소하게 부착 (표준사진 2)	
c	초기에 비해 현저하게 변색되어 있음	초기에 비해 상당히 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착(표준사진 3)	
d	초기의 색이 거의 남아 있지 않음	현저하게 하얗게 되어 있음 이탈분말 부착 많음(표준사진 4)	
e	-	-	

백아화			
표준사진 1	표준사진 2	표준사진 3	표준사진 4
			

<해 설>

○ 각 표준사진에서 최우측단의 색상이 도장 본래의 색에 해당하며, 좌측의 색상은 도장 열화수준에 따라 구분됨

2) 도장두께

【표 4.2.8】 도장두께 평가기준

평가 기준	평가내용
	시방서 및 시공기준 대비 허용두께 불만족 비율
a	5% 미만
b	5% 이상 ~ 30% 미만
c	30% 이상 ~ 70% 미만
d	70% 이상
e	-

3) 대기환경 (해안 이격거리/이산화황 농도/습도)

【표 4.2.9】 대기환경의 평가기준

연간 젖음 시간1) (일)	해안 이격거리 (m) / 이산화황 (ppm)	동해안	서해안		남해안		동해안	서해안		남해안		동해안	서해안		남해안	
		전지역	고창·태안	그 외 지역	사천·거제	그 외 지역	전지역	고창·태안	그 외 지역	사천·거제	그 외 지역	전지역	고창·태안	그 외 지역	사천·거제	그 외 지역
		500 초과	1000 초과	300 초과	100 초과	20 초과	250 초과 ~ 500 이하	500 초과 ~ 1000 이하	120 초과 ~ 300 이하	50 초과 ~ 100 이하	10 초과 ~ 20 이하	비말대 초과 ~ 250 이하	비말대 초과 ~ 500 이하	비말대 초과 ~ 120 이하	비말대 초과 ~ 50 이하	비말대 초과 ~ 10 이하
100 초과	0.01 이하	a					b					c				
	0.01 초과	b					b					c				
10 이상 ~ 100 이하	0.01 이하	a					b					b				
	0.01 초과	b					b					c				
10 미만	0.01 이하	a					a					b				
	0.01 초과															

주1) 연간 젖음 시간 : 0도씨 이상의 온도에서 상대습도 80% 이상이 지속되는 시간

<해 설>

○ 대기환경에 대한 평가기준은 KS D ISO 9223~9226에 제시된 영향인자별 부식속도를 참고하여 설정하였다.

○ 부식속도가 높음 및 매우 높은 경우 이에 대해 각각 “b” 등급 및 “c” 등급 적용한다

4) 강설횟수(제설제 살포빈도)

【표 4.2.10】 강설횟수의 평가기준

강설일수(x)	$x < 5$	$5 \leq x < 15$	$15 \leq x$
등급	a	b	c

<해 설>

○ 겨울철 도로상에 살포되는 제설제에 의한 강재 부식 및 이에 의한 내구성능 저하를 고려하기 위한 평가항목이다.

○ 강설횟수의 등급은 ASTM G85 Annex 5-Dilute electrolyte cycle fog/dry test에 따라 강재시편의 부식량을 측정하는 염수분무시험을 근거로 국내 지역별 기상조건을 고려하여 3등급 체계로 설정하였다.

라. 강재 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

강재 내구성능 평가결과 산정방법은 평가항목별 가중치 및 부재별 가중치에 따라 내구성능을 평가하는 방법을 활용하여 등급을 산정하는 절차를 따른다.

2) 평가항목별 가중치

(가) 발청 및 도장열화 가중치

강재의 발청, 도장의 박리, 균열, 부풂, 변색 및 백아화 등 각 지표별 평가결과에 의한 열화정도를 등급별 점수화하고, 가중치 적용 및 합산하여 '발청 및 도장열화'에 대한 종합점수를 산정한다.

각 세부지표의 등급별 점수는 아래의 표와 같다.

【표 4.2.11】 강재 발청 및 도장열화의 각 세부지표에 대한 등급별 점수

세부지표 등급	발청	박리	균열	부풂	변색 및 백아화	종합점수 (세부지표별 등급점수의 합계)
a	5 (0)	2 (0)	1 (0)	1.5 (0)	0.5 (0)	10
b	10	4	2	3	1	20
c	20	8	4	6	2	40
d	35	14	7	10.5	3.5	70

<해 설>

○ 시설물 상태안전성능 결함도 점수표의 점수배분율을 참고하여 '발청 및 도장열화' 전체의 종합등급 배점은 A등급 10점, B등급 20점, C등급 40점, D등급 70점으로 한다.

○ a등급에 대한 점수는 어떠한 열화도 발견되지 않았다면 0점을 부여한다.

(나) 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준

발청 및 도장열화에 대한 종합점수는 다음과 같다.

【표 4.2.12】 발청 및 도장열화 종합평가 등급분류 기준

등급	종합점수 범위	등급 정의	비고
a	13 미만	부식 및 도장열화로 인한 내구성능 저하를 무시할 수준의 단계	차기 도래시기에는 전차 평가결과를 참고하여 평가위치 및 수량을 결정함
b	13 이상 ~ 26 미만	경미한 결함이 있으나 그 이외의 부분에 대해서는 전반적으로 양호한 단계	
c	26 이상 ~ 49 미만	결함이 발생된 부재에 대해 일부 보수가 필요한 단계	
d	49 이상	광범위한 보수를 시행해야 하는 단계	

<해 설>
○ 대상경간에 해당하는 강재부재는 조사방법 및 수량에 맞게 열화수준(낮음/보통/높음)이 고루 분포되도록 사전 육안조사에 의해 선정한다.
○ 선정된 부재는 평가기준에 따라 발청 및 도장열화를 조사하여 등급별 점수를 계산하고 그 외의 부재는 유사경간으로 지정하여 책임기술자의 판단하에 열화수준(낮음/보통/높음)에 맞는 구역으로 배분한다
○ 열화수준에 따라 배열된 부재는 최종적으로 등급의 대푯값에 유사경간 수를 곱하고 평균값을 취하여 최종 등급을 산정한다.
(예) 거더수가 10개라고 가정하면, 최소 3개이상, 25%이상을 만족해야 하므로 열화수준(낮음/보통/높음)에 맞는 총 3개 경간을 선정하며, 나머지 7개 거더는 열화의 수준을 고려하여 선정된 3개 거더의 유사한 경간으로 지정한 후 평가한다.

(나) 도장두께

도장 두께가 허용기준을 만족하지 못하는 경우, 균열 및 박리 또는 충격에 의한 깨짐 등과 같은 결함으로 이어질 수 있고, 이는 강재 내구성능 저하를 유발시킨다.

① 도장 최소두께 및 최대두께

시방서 및 도장 제조업체에서는 요구 최소두께 및 최대두께를 제시하고 있다.

도장종류에 따라 최소 또는 최댓값이 명시되어 있지 않는 경우 일반적으로 규정두께의 80%를 최소두께, 120%를 최대두께로 할 수 있다.

② 도장 허용두께(SSPC-PA2 참고)

측정 1개소내의 3개 지점값(직경 40㎜의 1개소에서 3번의 측정 실시)은 값에 제한이 없으나, 3개 지점의 평균값 즉, 1개소의 평균값은 시방서 최솟값의 80% 이상이어야 하며, 최댓값의 120% 이내여야 한다.

조사단위면적 내 5개소의 최종 평균값은 시방서 최솟값 및 최댓값의 범위에 있어야 한다.

③ 도장 허용두께 불만족 비율

대상 조사구역은 일정 단위면적으로 나눠질 수 있으며, 이러한 일정 단위면적을 조사단위면적으로 정의한다.

'허용두께 불만족 비율' 은 대상 조사구역 내의 도장 허용두께 불만족 비율로 정의한다. (조사구역내 몇 %의 조사단위면적에서 허용두께가 불만족하였는지에 대한 비율)

【표 4.2.13】 평가항목별 가중치

구분	평가지표		가중치
내부 요인	발청 및 도장열화	발청	60 (66)
		박리	
		균열	
		부풂	
		변색	
	도장두께		20 (22)
외부 요인	대기 환경 (해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도)		10 (12)
	강설횟수 (제설제 살포빈도)		10 (0)

<해설>

○ 강재에 대한 평가항목별 가중치로서 일반적으로 상부구조 및 하부구조에 강 부재가 사용되지 않는 교량 형식에 대해서는 가중치 설정에서 제외한다.

○ 발청/박리/균열/부풂/변색・백아화 등은 직접적인 열화현상이고, 도장두께 기준치의 만족 여부는 열화가 발생하기 쉬운 조건으로 이 두 가지를 내부요인으로 분류한다. 또한, 해안 이격거리, 이산화황 농도, 습도와 같은 대기환경과 제설제 살포빈도는 열화를 유발시키는 외부요인으로 분류한다.

○ 열화가 시작되는 단계에서는 외부요인에 의해 열화가 촉진되므로 이에 대한 가중치를 부여한다.

○ 철도교의 경우는 제설제의 영향이 없으므로 외부요인 중 대기환경에 대해서만 평가(괄호 안의 가중치 적용)한다.

○ 부재의 형식, 구조 및 재료적인 특성에 의해(케이블 등) 내부요인(발청 및 도장열화, 도장두께)이 평가가 불가능한 경우, 해당부재는 강재내구성능 평가에서 제외한다.

3) 부재 종류별 가중치

교량을 구성하는 부재는 교량 형식에 따라 바닥판, 거더, 케이블, 2차부재, 교각(주탑)이 강부재로 구성될 수 있으며 강재 내구성능평가에서는 각 부재별 구성 재료의 중요도를 반영하여 평가한다.

① 일반교량

【표 4.2.14】 일반교량의 부재별 가중치

구분	평가부재		강거더교량				라멘교	
			강거더교			바닥판·거더 일체형	거더있음	
			일반	2차 부재 없음	바닥판 없음	강바닥판	2차부재 있음	2차 부재 없음
강재	상부	바닥판	16 (27)	18 (24)	–	16 (27)	16 (27)	18 (24)
		거더	48 (55)	56 (76)	55 (77)	48 (55)	48 (55)	56 (76)
		2차 부재	14 (18)	–	16 (23)	14 (18)	14 (18)	–
	하부	교각/교대	22 (0)	26 (0)	29 (0)	22 (0)	22 (0)	26 (0)

<해설>

○ 강거더교(일반/2차부재없음), 라멘교 형식에서 강바닥판이 사용되지 않는 경우 바닥판에 부여된 가중치를 거더/2차부재 등 상부구조에 균등 분배한다.

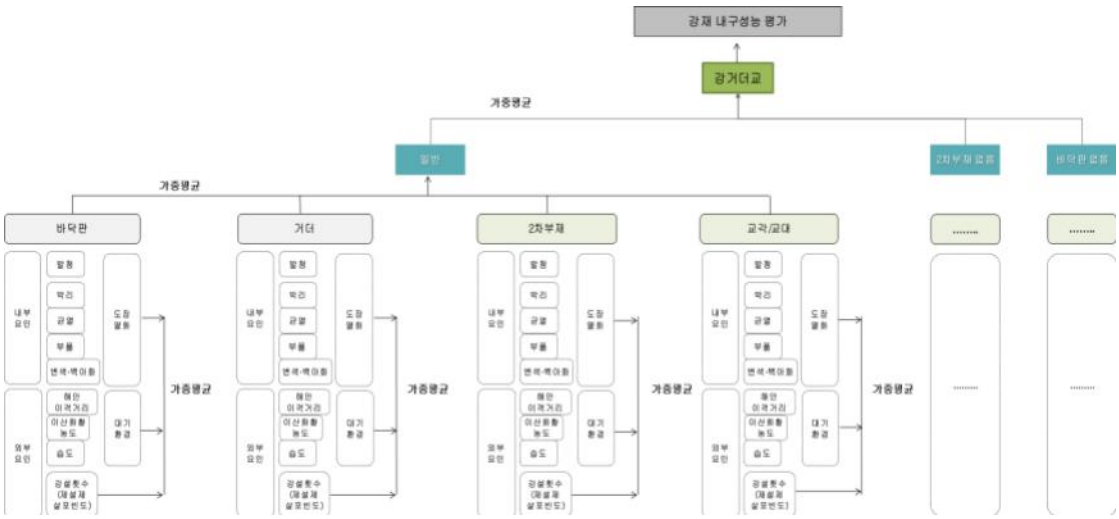
○ ( )안의 값은 콘크리트 교각이 사용된 교량이다.

② 특수교량

【표 4.2.15】 케이블 교량의 부재별 가중치

구분	평가부재		아치교/트러스교		현수교			사장교			엑스트라도즈드교	
			바닥판	바닥판 없음	일반 거더형	보강형	PSC 거더형	일반 거더형	보강형	PSC 거더형	일반 거더형	PSC 거더형
강재	상부	케이블	21 (27)	23 (31)	40 (53)	40 (53)	76 (100)	33 (50)	33 (50)	65 (100)	33 (50)	33 (50)
		바닥판	7 (9)	–	8 (10)	–	–	7 (11)	–	–	7 (11)	–
		거더	19 (25)	20 (27)	23 (30)	36 (47)	–	20 (31)	32 (50)	–	20 (31)	32 (50)
		아치리브/트러스	26 (34)	28 (37)	–	–	–	–	–	–	–	–
		2차 부재	4 (5)	4 (5)	5 (7)	–	–	5 (8)	–	–	5 (8)	–
	하부	주탑	–	–	18 (0)	18 (0)	18 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)	15 (0)
		보조주탑	–	–	6 (0)	6 (0)	6 (0)	6 (0)	6 (0)	6 (0)	6 (0)	6 (0)
		교각/교대	23 (0)	25 (0)	–	–	–	14 (0)	14 (0)	14 (0)	14 (0)	14 (0)

<해설>
○ 일반거더형식에서 강바닥판이 사용되지 않는 경우 바닥판에 부여된 가중치를 케이블/거더/2차부재 등 상부구조에 균등 분배한다.
○ 케이블 평가가 수행되지 않을 경우, 가중치를 상부, 하부구조로 균등분해 한다.
○ 보조주탑이 없는 경우, 보조주탑에 부여된 가중치는 주탑의 가중치에 합산한다.
○ 콘크리트 아치리브의 경우, 아치리브의 가중치를 상부, 하부구조에 균등하게 분배한다.
○ ( )안의 값은 콘크리트 교각이 사용된 교량이다.



【그림 4.2.1】 강재 내구성능 항목별 세부 평가방법

[그림 4.2.1]은 강 재료로 부재가 구성된 교량 중 강거더교의 평가 흐름도를 도식화한 그림이다.

강재 부재로 구성된 교량의 경우 [표 4.2.14], [표 4.2.15]의 교량 형식별 '부재별 가중치'를 참조하여 강재 내구성능평가결과를 도출한다.

4) 결함도 지수

부재 수준의 내구성능 점수 산정 결과에 부재별 가중치를 곱하여 평가점수를 산정하고 아래의 점수범위에 따라 시설물에 대한 내구성능등급 산정한다.

【표 4.2.16】 평가등급에 따른 결함도 지수

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0.10	0.20	0.40	0.70	1.00

【표 4.2.17】 등급 산정을 위한 결함도 지수 범위

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
$0 \le X < 0.13$	$0.13 \le X < 0.26$	$0.26 \le X < 0.49$	$0.49 \le X < 0.79$	$0.79 \le X$

마. 강재 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상교량

【표 4.2.18】 대상교량의 결과산정 예

교량형식		강박스 거더교(STB)(도로교)
경간장 및 경간수		50@5 = 250m
교폭		15m
거더	거더 갯수	2
	강박스 폭/높이	2.5m/2.0m
2차부재		L=1.5m, 교축방향 5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
도장 공용연수(신규 또는 재도장 이후)		15년
환경조건	해안 이격거리	동해안으로부터 44 km
	연간 젖음 시간(일)	75일
	이산화황 농도	0.0038 ppm
	제설제(강설횟수)	10 회

2) 강재 내구성능 최종평가

- 거더

【표 4.2.19】 평가항목별 가중치에 따른 거더의 내구성능 평가 예

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	b	0.2	60	0.12
도장두께	c	0.4	20	0.08
대기 환경	a	0.1	10	0.01
강설 회수	b	0.2	10	0.02
평점				0.23

- 2차부재

【표 4.2.20】 평가항목별 가중치에 따른 2차부재의 내구성능 평가 예

평가지표	등급	점수	가중치	평점/100
발청 및 도장열화	b	0.2	60	0.12
도장두께	c	0.4	20	0.08
대기환경	a	0.1	10	0.01
강설 회수	b	0.2	10	0.02
평점				0.23

- 부재별 가중치에 따라 시설물 최종 내구성능 평가

【표 4.2.20】 부재별 가중치에 따른 내구성능 평가 예

결함도 평가부재		부재별 평점	가중치	평점/100
상부	바닥판	-	-	-
	거더	0.23	77	0.18
	2차 부재	0.23	23	0.05
하부	교각	-	-	-
합계				0.23
시설물 강재 내구성능 등급				B

4.2.3 콘크리트 내구성능 평가항목 및 기준

가. 일반

콘크리트의 내구성능 평가항목은 크게 열화진전평가와 열화환경평가로 구분되며, 열화진전평가로는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복 콘크리트의 품질이며, 열화환경평가는 비래염분에 의한 염해환경 및 동결융해의 반복에 의한 동해환경이다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 콘크리트 내구성능 평가시 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 평가에 영향을 미치지 않으며 교량의 유지관리를 위한 참고자료로 업무에 활용한다.

【표 4.2.21】 콘크리트 내구성능 평가항목의 구분

열화진전항목	열화환경항목
염화물 침투량 탄산화 깊이 피복(표면부) 콘크리트의 품질	염해환경 동해환경

나. 평가대상 부재

교량의 콘크리트 내구성능 평가 대상 부재를 부재별로 분류하고, 대상부재는 콘크리트가 적용된 부재에 한정한다.

【표 4.2.22】 교량 콘크리트 내구성능 평가 대상 부재

부재 분류	
상부구조	바닥판, 거더
	2차부재(가로보 및 세로보)
하부구조	교대 및 교각, 주탑, 보조주탑

다. 콘크리트 내구성능 평가기준

1) 염화물 침투량

【표 4.2.23】 염화물 침투량 평가등급

평가 기준	평가내용		비고
	철근부 전염화물 침투량 C_r가 2.5(kg/m^3)가 되는 시점	철근부 전염화물 침투량 C_r(kg/m^3)	
a	30년 초과	0.3 이하	
b	20년 초과 ~ 30년 이하	$0.3 < C_d \leqq 0.6$	
c	10년 초과 ~ 20년 이하	$0.6 < C_d \leqq 1.2$	
d	5년 초과 ~ 10년 이하	$1.2 < C_r < 2.5$	
e	5년 이하	2.5 이상	

<해 설>

○ 염화물 확산계수를 산정하고 표면부 염분량을 고려하여 대상 구조물의 염해 수명을 평가하는 것은 반드시 필요한 사항이라고 판단되지만, 평가결과 값이 여러 가지 조건에 따라 달라질 수 있는 여지가 있기 때문에 “철근부의 전염화물 침투량”과 “철근부의 전염화물이 2.5(kg/m^3)가 되는 시점”을 각각 평가하여 열악한 등급을 침투량 평가등급으로 설정한다.

○ “철근부의 전염화물이 2.5(kg/m^3)가 되는 시점”의 경우, 30년 초과를 “a” 등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 전염화물량이 2.5 kg/m^3가 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.

○ 전염화물량이 2.5 kg/m^3을 넘어서는 시점이 5년 이하로 남은 경우 “e” 등급을 설정한 것은 차기 평가시점을 약 5년을 가정하고 이 시점 이전에 전염화물량이 2.5 kg/m^3을 넘어설 가능성이 있기 때문이다.

○ 한편, “b”, “c”, “d” 등급의 경우 전염화물량이 2.5 kg/m^3이 되는 시점이 30년 이하인 경우 염해가 진전되고 있다고 판정한 것이며, 철근부의 전염화물량이 2.5 kg/m^3에 도달하는 연수가 짧을수록 낮은 등급을 부여한다.

○ 책임 기술자의 판단하에 보수/보강, 환경 등의 영향으로 염소이온의 유효확산계수(cm^2/년)를 파악하기 어려운 경우 철근부 전염화물 침투량(kg/m^3)으로만 평가한다.

○ 염소이온의 유효확산계수(cm^2/년) 산정이 불가능한 경우는 아래와 같다.

- 표면부가 아니라 콘크리트 내부에서 염화물 침투량의 최대값이 나타나게 되는 경우
- 피복(표면부) 콘크리트에 대한 보수/보강이 진행된 경우

○ 단, 철근부 전염화물 침투량으로만 평가를 진행한 경우에도 깊이별 염화물량 측정 결과를 보고서에 별도로 기재하여, 등급 산정의 근거로 활용한다

2) 탄산화 깊이

【표 4.2.24】 탄산화 깊이에 따른 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	30년 초과	평가결과로부터 탄산화 속도계수를 산정 후 탄산화 속도계수 $A = \frac{D}{\sqrt{t}}$ $T = \left[\frac{\text{설계피복두께}}{\text{탄산화속도계수}}\right]^2 - t$ (T: 잔여피복두께가 모든 탄산화되는 시간, D: 탄산화 깊이, t: 공용연수)
b	20년 < T ≦ 30년	
c	10년 < T ≦ 20년	
d	5년 < T ≦ 10년	
e	5년 이하	

<해 설>

○ 공용연수와 이에 따른 탄산화 속도계수를 고려하여 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T를 구하는 시간적 개념을 도입한다.

○ 피복콘크리트두께 실측치가 있는 경우 설계피복두께가 아닌 실측치를 활용하여 평가를 진행한다.

○ “e” 등급을 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시간 T가 5년 이하로 남은 경우로 설정한 것은 차기 평가시점을 약 5년을 가정한다.

○ 또한, 30년 초과를 “a” 등급으로 설정한 것은 일반적으로 콘크리트 구조물의 최소 수명을 30년으로 가정하고, 잔여피복두께가 모두 탄산화 되는 시점이 이보다 오래 걸리는 경우를 고려한 것이다.

3) 피복(표면부) 콘크리트의 품질

초기 시공불량의 경우, 피복(표면부) 콘크리트에 전반적인 내구성능 저하가 나타날 수 도 있으며, 공용 중의 품질저하는 동해(수분의 공급과 동결융해 싸이클이 필요) 등과 같은 열화요인에 의하여 국부적으로 나타나는 경우가 많을 것이다.

(가) 설계강도값과 비교할 경우

【표 4.2.25】 피복(표면부) 콘크리트 품질에 따른 평가기준

평가기준	평가내용	비고
a	$100\% \leq q_{c1}$ [1)]	피복콘크리트의 내구성능이 양호한 상태
b	$90\% \leq q_{c1} < 100\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	$q_{c1} < 90\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	-	-
e	-	-

주1) q_{c1} = (측정강도 ÷ 설계기준강도) × 100%

<해 설>

○ 피복(표면부) 콘크리트의 품질은 슈미트해머를 이용해 반발경도를 측정하여 표면부 콘크리트의 내구성능 저하상태를 평가한다.

○ “a” 등급은 강도 추정값이 설계값 대비 100% 이상으로 피복 콘크리트의 내구성능이 양호한 상태이며, “b” 등급은 설계값의 10% 정도로 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하될 가능성이 있다.

○ “c” 등급은 강도 추정값이 설계값 대비 10% 이상 저하되었을 경우이며, 동해나 기타 요인에 의해 피복 콘크리트의 내구성능이 저하가 진전된 상태이다.

(나) 건전부/비건전부를 비교할 경우

【표 4.2.26】 건전부/비건전부의 상대적 비교에 따른 평가기준

평가기준	평가내용	비고
a	$95\% \leq q_{c2}$ [1)]	건전부 대비 큰 차이를 보이지 않음
b	$85\% \leq q_{c2} < 95\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능이 저하되기 시작함
c	$q_{c2} < 85\%$	동해 등에 의해 피복콘크리트의 내구성능 저하가 진전된 상태
d	-	-
e	-	-

주1) q_{c2} = (비건전부 반발경도 값 ÷ 건전부 반발경도 값) × 100%

<해 설>

○ 건전부와 비건전부를 상대적으로 비교하는 방법으로서 측정된 반발경도값을 통하여, 반발경도값을 직접 비교하여 판정하는 방법을 적용한다.

○ 동일한 건전부끼리 상호비교하더라도 두 지점간에 일부 편차를 있을 수 있다는 가정하에 약 5% 정도의 편차를 반영하여 95% 이상일 경우 “a” 등급으로 설정하며, 85% 미만일 경우 “c” 등급으로 설정한다.

○ 여기서 건전부는 특이한 표면 손상과 누수가 없고 표면부 열화가 진행되지 않은 부위이며, 비건전부는 누수 등으로 자주 습윤상태가 되거나, 우수에 노출된 부재 및 기타 표면부의 열화가 진행된 부위로 해당 구간 중 상대 비교하여 가장 취약한 부분을 비건전부로 구분한다.
(단, 건전부를 특정하기 어려운 경우 면처리를 통해 열화된 표면부를 제거한 후 실시한다.)

4) 염해환경

【표 4.2.27】 염해환경의 평가기준(해안거리)

평가 기준	해안	적용지역	해안으로부터 거리 X(m)	비고
a	동해안	전지역	500 초과	
	서해안	고창, 태안 그 외 지역	1,000 초과 300 초과	
	남해안	사천, 거제 그 외 지역	100 초과 20 초과	
b	동해안	전지역	250 < X ≤ 500	
	서해안	고창, 태안 그 외 지역	500 < X ≤ 1000 120 < X ≤ 300	
	남해안	사천, 거제 그 외 지역	50 < X ≤ 100 10 < X ≤ 20	
c	동해안	전지역	비말대1) < X ≤ 250	
	서해안	고창, 태안 그 외 지역	비말대 < X ≤ 500 비말대 < X ≤ 120	
	남해안	사천, 거제 그 외 지역	비말대 < X ≤ 50 비말대 < X ≤ 10	
d	–	–	–	
e	–	–	–	

주1) 비말대 : 해수가 직접 닿지는 않으나 파도가 칠 때 튀어오르는 물방을이 미치는 범위

【표 4.2.28】 염해환경의 평가기준(제설제)

평가항목	평가등급	강설일수(일)
제설제 염해환경	a	강설일수 < 7
	b	7 < 강설일수 < 14
	c	14 < 강설일수
	d	–
	e	–

<해 설>

○ 염해환경은 해안으로부터 날아들어 오는 대기중의 비래염분에 의한 염해환경과 겨울철 강설에 따른 도로위의 눈을 제설하기 위해 뿌려지는 제설제에 포함되어 있는 염화물에 의한 염해환경으로 구분한다.

○ 상기 2개 항목은 각각 해안인접성, 강설일수를 기본 항목으로 정하고 등급을 설정한다.

○ 해안 인접성의 경우 동해와 서해를 동일한 조건으로 고려하고, 해안의 형상, 구조 및 환경에 따라 다른 해역에 비해 비교적 비래염분이 적은 남해는 동해 및 서해와 달리 완화된 등급을 부여함을 원칙으로 하였다.

○ 대상 시설물의 위치(해상, 해안인근 내륙 등)에 따라 해안거리에 따른 비래염분 환경에 따른 비래염분 환경을 선별적으로 적용한다.

○ 강설일수는 동절기 제설제 환경에 노출된 콘크리트 시설물의 내구성능 저하를 고려하기 위한 평가항목으로, 강설시 무조건 제설제를 살포하는 것으로 가정하되, 당일 추가살포는 고려하지 않으며 강설일수가 14일 이상이면 “c” 등급을 부여한다.

○ 강설일수는 최심신적설(하루동안 내린 눈이 최대로 깊었던 적설량)이 발생한 일수의 최근 10년간 평균값으로 취한다.

5) 동해환경

【표 4.2.29】 동해환경의 평가기준

평가 기준	평가내용	비고
a	X < 3	
b	3 ≤ X < 50	
c	50 ≤ X	
d	-	
e	-	

<해 설>

○ X : 동결융해 반복지수(수분접촉 시)이다.

○ 상기 수분 접촉 여부에 따른 구분에 있어 수분과의 직접적인 접촉이 없는 경우는 동결융해 싸이클이 있더라도 동해를 입지 않기 때문에 강수로 인하여 상대습도가 매우 높은 상태에서만 동해를 평가한다.

○ 수분과의 접촉 여부는 책임기술자가 판단하여, 동일 부재 내에서 위치별 수분 접촉 정도가 다를 경우 '열악한 조건'을 기준으로 판단한다.

라. 콘크리트 내구성능 평가결과 산정 방법

1) 개요

콘크리트 내구성능 평가결과 산정방법은 내구성능 평가 지표별 결과 중 가장 낮은 등급인 최저 등급을 반영한다.

열화진전평가는 각 세부부재별로 정해진 시험수량과 개소에서 실시하며, 열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 실시한다.

열화진전평가와 열화환경평가는 독립적으로 실시하며, 콘크리트 내구성능 평가시 열화진전평가만이 사용되며, 열화환경평가는 평가에 영향을 미치지 않으며 교량의 유지관리를 위한 참고자료로 업무에 활용한다.

2) 결과산정절차 일반

(가) 열화환경평가(전체 시설물 대상)

열화환경 평가는 제설제 염해환경, 비래염분 염해환경, 동해환경의 3개 항목에 대한 지표로 이루어진다.

열화환경평가는 해당 환경지표를 독립적으로 평가하여 도출하며, 평가결과는 열화진전평가와는 별도로 관리하여 대상 구조물의 유지관리에 활용한다.

열화환경평가는 전체 시설물을 대상으로 판정하며, 각 등급별 열화환경의 상태는 아래와 같다.

【표 4.2.30】 열화환경 평가등급

평가기준	열화환경 상태
a	양호한 열화환경으로서 내구성능 저하의 가속요인이 거의 없는 상태
b	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 생길 수 있는 상태
c	대상 열화환경에 의하여 내구성능 저하가 가속될 수 있는 상태
d	-
e	-

(나) 열화진전평가(부재수준의 평가)

콘크리트 내구성능 평가에 있어 열화진전평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복(표면부) 콘크리트의 품질의 3개 열화진전평가 지표로 이루어진다.

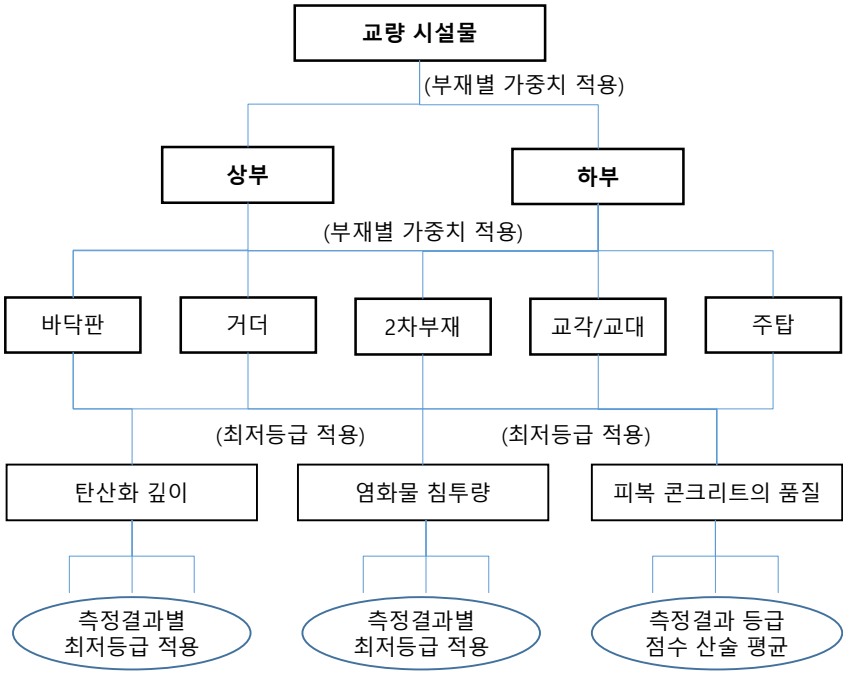
내구성능 평가에 있어 열화진전 평가는 탄산화 깊이, 염화물 침투량, 피복(표면부) 콘크리트 품질의 3개 열화진전평가 지표이다.

세부 부재는 바닥판, 거더(2차부재), 교각/교대, 주탑으로 분류하며, 해안인근과 내륙지역으로 구분한다.

각 내구성능 평가함에 있어 가중치를 적용하지 않고, 각각의 평가항목에 대하여 가장 낮은 등급을 받은 지표의 평가결과를 준용하는 최젓값을 적용한다.

- 탄산화 깊이, 염화물 침투량 및 피복(표면부) 콘크리트의 품질 중 가장 낮은 평가등급이 대상 부재의 내구성능 등급이 된다.
- 다만, 피복 콘크리트의 품질은 측정된 개소별 각각의 평가점수를 산술평균한다.

산출된 각 세부부재(예. 바닥판, 거더, 2차부재, 교각/교대/ 주탑 등)의 내구성능 등급은 각 부재별 가중치를 고려하여 상위부재(예. 상부, 하부)의 내구성능 등급으로 도출하여 최종적으로 교량 시설물의 내구성능 평가등급을 도출한다.



【그림 4.2.2】 콘크리트 내구성능 항목별 세부 평가방법

3) 결함도 지수

각 내구성능 등급별 결함도 지수와 등급산정을 위한 결함도 지수 범위는 아래와 같다.

【표 4.2.31】 평가등급에 따른 결함도 지수

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0.10	0.20	0.40	0.70	1.00

【표 4.2.32】 등급 산정을 위한 결함도 지수 범위

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
$0 \le X < 0.13$	$0.13 \le X < 0.26$	$0.26 \le X < 0.49$	$0.49 \le X < 0.79$	$0.79 \le X$

(다) 부재 종류별 가중치

① 일반교량

【표 4.2.33】 일반교량의 부재별 가중치

구분	평가부재		슬래브 교량	거더교량					라멘교		
				일반 거더교			바닥판·거더 일체형		거더없음	거더	
				일반	2차 부재 없음	바닥판 없음	강바닥판	PSC 박스		2차 부재	2차 부재없음
콘크리트	상부	바닥판	50	33	31	–	–	35	50	30	30
		거더	–	35	44	55	55	35	–	30	35
		2차 부재	–	7	–	10	10	5	–	7	–
	하부	교각/교대	50	25	25	35	35	25	50	33	35

<해 설>

○ 부재가 없는 경우, 평가가 수행되지 않았을 경우, 해당하는 부재의 가중치는 조사가 수행된 부재에 균등하게 배분한다.

② 특수교량

【표 4.2.34】 케이블 교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가부재		아치교/트러스교		현수교		사장교		엑스트라도즈드교	
			바닥판	바닥판 없음	일반 거더형	보강형, PSC 거더형	일반 거더형	보강형, PSC 거더형	일반 거더형	PSC 거더형
콘크리트	상부	바닥판	26	–	15	–	15	–	25	–
		거더	41	50	15	40	15	40	25	65
		2차 부재	8	15	10	–	10	–	15	–
	하부	주탑	–	–	45	45	40	40	15	15
		보조 주탑	–	–	15	15	10	10	10	10
		교각/교대	25	35	–	–	10	10	10	10

<해 설>

○ 보조주탑이 없는 경우, 보조주탑에 부여된 가중치는 주탑의 가중치에 합산한다.

○ 부재가 없는 경우, 평가가 수행되지 않았을 경우, 해당하는 부재의 가중치는 조사가 수행된 부재에 균등하게 배분한다.

(다) 세부부재 등급 산정에 따라 시설물 전체 등급 산정

교량 콘크리트 내구성능 평가 등급은 최종적으로 아래와 같이 나타낸다.

【표 4.2.35】 일반교량의 열화진전 평가

시설명	평가등급	형식	부재명	평가등급
일반교량	A~E	상부	바닥판	a~e
			거더	a~e
			2차부재	a~e
		하부	바닥판	a~e

【표 4.2.36】 특수교량의 열화진전 평가

시설명	평가등급	형식	부재명	평가등급
특수교량	A~E	상부	바닥판	a~e
			거더	a~e
			2차부재	a~e
		하부	주탑	a~e
			보조주탑	a~e
			교각/교대	a~e

【표 4.2.37】 열화환경 평가

열화환경지표		평가등급	교량의 주요 대상 부재
제설제 염해환경		A or B or C	주로 교량의 바닥판 및 기타 상부부재가 해당되며, 바닥판에 관통균열이 있을 경우 하부의 거더에도 영향을 미칠 수 있으며, 신축이음부에 누수가 있을 경우 교좌, 교대 등으로 확대될 수 있음
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	A or B or C	전체 시설물 대상이지만, 비래염분이 발생하는 해안쪽의 부재가 상대적으로 열악한 환경에 놓이게 됨
동해환경		A or B or C	전체 시설물에서 국부적으로 수분의 공급이 있는 부재부분에 해당

마. 콘크리트 내구성능 평가결과 산정 예시

1) 대상 교량 제원

【표 4.2.38】 대상 교량 제원

교량형식		콘크리트 박스 거더교(도로교)
경간장 및 경간수		50@5 = 250m
교폭		15m
바닥판의 높이		20m
거더 갯수		2
2차 부재		L=1.5m, 교축방향 5m 간격 설치
바닥판		일반 RC
교각		일반 RC
피복 두께		50㎜
공용연수		20년
위치	지역	강원도 속초
	해안 이격거리	300m

2) 콘크리트 내구성능 평가

【표 4.2.39】 일반콘크리트 거더교의 콘크리트 내구성능 평가

부재 그룹	세부 부재명(가중치, %)	항목별 평가결과				
		염화물 침투량	탄산화 깊이	피복콘크리트의 품질	부재	비고
상부	바닥판 (33)	a	a	a	a	0.1
	거더 (35)	a	a	a	a	0.1
	2차부재 (7)	-	a	-	a	0.1
하부	교각/교대 (25)	c	b	b	c	0.4
		결함도 지수	(0.1×33+0.1×35+0.1×7+0.4×25)/100= 0.175			
		등급	B			

【표 4.2.40】 열화환경지표의 평가

열화환경지표		평가등급
제설제 염해환경		B
비래염분 염해환경	해안거리에 따른 비래염분 염해환경	B
동해환경		B

4.2.4 내구성능 평가결과산정방법

재료적으로 강재 및 콘크리트 부재가 함께 사용된 교량의 경우 각 부재의 강재 내구성능 및 콘크리트 내구성능을 평가하고, 종합 내구등급을 산정한다.

강재 및 콘크리트 내구성능 결함도 지수를 적용하며, 내구성능등급은 [표 4.2.41] 및 [표 4.2.42]의 등급 산정을 위한 결함도 지수 범위를 활용한다.

【표 4.2.41】 일반교량 종합내구성능 평가를 위한 가중치

구분				내구성능 가중치	
				콘크리트	강재
슬래브교				1.0	-
일반거더교	일반	콘크리트 거더교		1.0	-
		강거더교		0.60 (0.40)	0.40 (0.60)
	2차부재 없음	콘크리트 거더교		1.0	-
		강거더교		0.60 (0.40)	0.40 (0.60)
	바닥판 없음	강거더교		0.34 (0.10)	0.66 (0.90)
바닥판·거더 일체형	강바닥판			0.32 (0.11)	0.68 (0.89)
	PSC 박스거더			1.0	-
라멘교	거더 없음			1.0	-
	거더 있음	콘크리트 거더		1.0	-
		강합성 거더	2차부재 있음	0.65	0.35
			2차부재 없음	0.69	0.31

<해 설>

○ ( )의 수치는 교각이 강재로 된 경우

【표 4.2.42】 특수교량 종합내구성능 평가를 위한 가중치

구분			내구성능 가중치	
			콘크리트	강재
아치/트러스	콘크리트 바닥판		0.55 (0.35)	0.45 (0.65)
	강바닥판			
현수교	일반 거더형	강상판형 거더	0.40 (0.16)	0.60 (0.84)
		강합성형 거더	0.51 (0.27)	0.49 (0.73)
	보강형		0.40 (0.16)	0.60 (0.84)
	PSC 거더		0.67 (0.43)	0.33 (0.57)
사장교	일반 거더형	강상판형 거더	0.40 (0.13)	0.60 (0.87)
		강합성형 거더	0.52 (0.25)	0.48 (0.75)
	보강형		0.40 (0.13)	0.60 (0.87)
	PSC 거더		0.69 (0.43)	0.31 (0.57)
엑스트라 도즈드교	일반거더형	강상판형 거더	0.40 (0.13)	0.60 (0.87)
		강합성형 거더	0.53 (0.27)	0.47 (0.73)
	PSC 거더		0.73 (0.47)	0.27 (0.53)

<해 설>

○ ( )의 수치는 하부구조(주탑/교각)이 강재로 된 경우

4.3 사용성능 평가기준 및 방법

4.3.1 일반

교량의 사용성능 평가는 시설물의 예상수요를 고려하여 공용연수 동안 확보해야할 사용자 편의성 및 계획당시의 설계기준에 근거한 사용목적을 만족하기 위한 성능으로 정의한다.

시설물의 사용성능은 사용성과 기능성으로 구분되며, 사용성은 사용자의 편의를 도모하는 시설의 성능으로 시설물에 대한 이용자의 만족도로 평가하며, 기능성은 시설물이 계획 당시의 목적대로 서비스를 제공할 수 있는 역량과 이를 유지할 수 있는 조건의 충족여부로 평가한다.

각 성능별로 세부지표의 평가결과를 가중치를 반영하여 사용성능 평가 등급으로 결정한다.

4.3.2 사용성능 평가항목 및 기준

가. 일반

교량의 세부지표는 성능평가의 정의에 따라 사용성과 기능성으로 구분하고 시설물의 특징을 반영하여 도출한다.

교량에서는 서비스의 성능에 직접적인 영향을 미치는 시설물의 성능으로 사용자의 만족도 측면에서 사용성과 시설물의 기능유지 측면에서 유지관리성, 수요 및 용량을 선정한다.

나. 세부지표의 평가범위

1) 도로교량

도로교량의 사용성능은 사용성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표로 포장상태, 교량조명, 진동사용성, 점검시설, 교통량으로 도출하고 a~e로 적용한다.

【표 4.3.1】 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	사용성	포장상태	a, b, c, d, e
		교량조명	a, b, c, d, e
		진동사용성	a, b, c, d, e
기능성	유지관리성	점검시설	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	교통량	a, b, c, d, e

도로교량의 사용성능은 포장상태, 교량조명 등 직접적인 수치로 계량할 수 있는 정량적 평가와 책임기술자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행한다.

2) 철도교량

철도교량의 사용성능은 사용성, 유지관리성, 수요 및 용량의 관점에서 세부지표를 도출하고 승차감은 a, b, d로, 점검시설과 통행량은 a~e로 적용한다.

【표 4.3.2】 세부지표별 적용 범위

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	차등 적용 범위
사용성능	사용성	승차감	a, b, d
기능성	유지관리성	점검시설	a, b, c, d, e
	수요 및 용량	통행량	a, b, c, d, e

철도교량의 사용성능은 승차감과 같이 직접적인 수치로 계량할 수 있는 정량적 평가와 책임기술자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행한다.

다. 사용성능 평가 지표 및 기준

1) 도로교량

(가) 사용성

① 포장상태

· 고속도로(HPCI)

【표 4.3.3】 고속도로 포장상태 성능평가기준

평가기준	평가내용	
	HPCI 범위	설명
a	4.0 초과	매우양호
b	3.5 < HPCI ≤ 4.0	양호
c	3.0 < HPCI ≤ 3.5	보통
d	2.0 < HPCI ≤ 3.0	불량
e	2.0 미만	매우불량

<해 설>

○ 본 성능평가기준은 고속도로의 포장상태지수(HPCI)의 관리기준을 적용한다.

○ 고속도로의 포장상태지수 관리기준은 다음과 같고 아스팔트포장과 콘크리트 포장을 구분하여 적용한다.

○ HPCI 산정식

아스팔트 포장: $HPCI_{10m} = 5 - 0.54 \times IRI^{0.8} - 0.75 \times RD^{1.2} - 0.9 \times \log(1 + 10 \times SD)$

콘크리트포장: $HPCI_{10m} = 5 - 0.8 \times IRI^{0.7} - 0.85 \times \log(1 + 10 \times 2.5SD)$

여기서, $HPCI_{100m} = \sum_{n}^{n+10} (HPCI_{10m})$

IRI (international roughness index) = 국제 평탄성 지수 (m/km)

RD(RUT depth) = 차바퀴 패임량(cm)
SD(Surface distress) = 노면 손상 환산 면적(m^2)
$SD = \sum$각 선상 균열길이 $\times 0.25 + \sum$각 면상균열면적

○ 콘크리트, 아스팔트 포장의 HPCI 등급기준에서 제시된 7등급 단계에서 3,4등급을 평가등급의 C 등급으로 5,6등급을 D등급으로 환산하여 평가 등급을 산정한다.
○ IRI (국제평탄성지수) : 주행중 운전자가 느끼는 노면의 요철에 의한 진동을 표현할 수 있는 지수로 도로공사에서는 전문조사차량을 이용하여 노면 요철을 측정하여 프로그램으로 산출하고 그에 따른 DB를 구축하고 있다.
○ RD (소성변형량): 광학적 라인을 비추어 라인의 굴곡을 이미지로 획득하여 이미지 처리를 거쳐 노면의 굴곡을 측정하는 방식이다.
○ SD(표면손상) : 조사차량을 이용하여 10m간격으로 노면영상을 촬영하고 손상면적을 산정한다.

· 일반도로(NHPCI)

【표 4.3.4】 일반도로 포장상태 성능평가기준

평가기준	평가내용	
	NHPCI 범위	설명
a	6.0 초과	매우우수
b	5.5 < NHPCI ≤ 6.0	우수
c	4.0 < NHPCI ≤ 5.5	보통
d	2.0 < NHPCI ≤ 4.0	불량
e	0.0 < NHPCI ≤ 2.0	매우불량

<해 설>
○ 본 성능평가기준은 고속도로의 포장상태지수(HPCI)의 관리기준을 적용함
○ 일반국도 포장상태 평가지수인 NHPCI(National Highway Pavement Condition Index)개발은 국도관리사무소의 관리자, 산 · 학 · 연 포장전문가로 구성된 패널의 현장조사 자료를 통계 분석하여 다음과 같은 식을 개발하였다.

$$NHPCI = \frac{1}{(0.33 + 0.003 \times X_{CR} + 0.004 \times X_{RD} + 0.0183 \times X_{IRI})^2}$$

이때, X_{CR} : 균열률(%)
X_{RD} : 소성변형(mm)
X_{IRI} : 종단평탄성(m/km)

② 교량조명

【표 4.3.5】 교량 조명의 성능평가기준

평가 기준	평가내용	
	작동유무	설치상태
a	모든 조명 사용 가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급 보다 높은 상태
b	모든 조명의 90% 이상 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 90% 이상
c	모든 조명의 80% 이상 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 80% 이상
d	모든 조명의 70% 이상 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 70% 이상
e	모든 조명의 70% 미만 사용가능	평균 노면 휘도가 해당 도로 등급의 조명등급의 70% 미만

<해 설>

○ 평가기준은 「도로안전시설 설치 및 관리지침」의 도로 및 교통의 종류에 따른 도로조명등급을 기준으로 적용한다. 따라서 해당 도로가 아래표의 도로 조명 등급에서 해당하는 등급을 먼저 산정하고 그 기준을 제대로 충족하는지를 기준으로 성능을 평가한다.

○ 단, 교량 조명이 설치어 있지 않을 경우 이 지표를 제외하고 나머지 지표로 도로(교량)에 대한 사용성능 평가를 수행한다.

【표 4.3.6】 운전자에 대한 도로조명의 휘도 기준

도로 조명 등급	평균 노면 휘도(최소허용치) $[cd/m^2]$
M1	2.0
M2	1.5
M3	1.0
M4	0.75
M5	0.5

○ 교량 조명의 경우 차량주행 중 운전자가 느끼는 시인성에 집중하여 노면휘도를 평가한다.

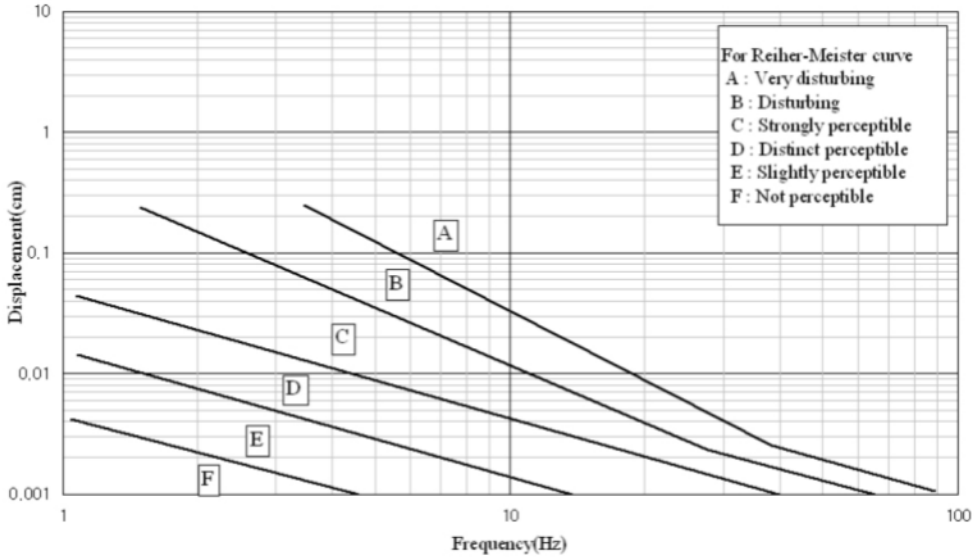
③ 진동사용성

【표 4.3.7】 진동사용성의 성능평가기준

평가기준	평가내용
a	E, F 구간: 인지할 수 없거나 거의 인지할 수 없는 상태
b	D 구간: 약간 인지할 수 있는 상태
c	C 구간: 강하게 인지할 수 있는 상태
d	B 구간: 불안감이 조성되는 상태
e	A 구간: 매우 불안감이 조성되는 상태

<해 설>

○ 본 성능평가의 기준은 진동으로 인하여 사람들이 느끼는 감각정도를 평가하는 Reiher-Meister(1931)의 허용곡선을 이용하여 적용한다. 진동사용성 측정 시 가장 통행량이 많은 일(Day)을 기준으로 24시간 측정하여 평가한다.



【그림 4.3.1】 Reiher-Meister(1931)의 허용곡선

○ 위 그림에서 a등급은 EF구간, b등급은 D구간, c등급은 C구간, d등급은 B구간, e등급은 A구간을 기준으로 적용한다.

○ 도로 이용자가 교량 통과시 진동으로 인하여 느끼는 감각정도를 평가하기 위한 시험으로써 교량 이용차량 통과시 교량 거더의 진동수(Frequency, Hz)와 진동진폭(Dynamic Displacement, ㎜)를 측정한다.

(나) 유지관리성

① 점검시설

일반교량

【표 4.3.8】 일반교량의 점검시설 성능평가기준

평가기준	평가내용	
	설치 유무	설치상태
a	점검로가 교각마다 모두 설치 되어 있을 때	점검로가 신설되어 모두 양호한 상태
b	점검로가 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로가 모두 양호한 상태
c	점검로가 교각의 60% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때
d	점검로가 교각의 40% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때
e	점검로가 교각의 40% 미만으로 설치되어 있을 때	설치된 점검로의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태

<해 설>

○ 도로(일반교량)의 유지관리를 위하여 가장 필수적인 점검로의 설치유무 및 설치된 점검로의 상태를 평가한다. 조사방법은 육안조사를 통하여 5등급으로 평가하며 여기서 점검로는 교각의 점검로를 의미한다.

○ 단, 교량의 구조형식에 따라 점검로 설치가 불가한 경우는 해당 지표를 제외하고 등급 평가한다.

특수교량

【표 4.3.9】 특수교량의 점검시설 성능평가기준

평점기준	평가내용	
	설치 유무	설치 상태
a	점검로와 레일이 교각마다 모두 설치되어 있을 때	점검로와 레일이 신설되어 모두 양호한 상태
b	점검로와 레일이 교각의 90% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로와 레일이 모두 양호한 상태
c	점검로와 레일이 교각의 80% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로와 레일의 20% 미만의 수리 및 10% 미만의 교체가 필요 할때
d	점검로와 레일이 교각의 70% 이상 설치되어 있을 때	설치된 점검로와 레일의 40% 미만의 수리 및 20% 미만의 교체가 필요 할때
e	점검로와 레일이 교각의 70% 미만으로 설치되어 있을 때	설치된 점검로와 레일의 40% 이상의 수리 및 20% 이상의 교체가 필요한 상태

<해 설>

○ 도로(특수교량)의 유지관리를 위하여 가장 필수적인 점검로와 레일의 설치유무 및 설치된 점검로와 레일의 상태를 평가한다. 조사방법은 육안조사를 통하여 5등급으로 평가한다.

(다) 수요 및 용량

① 교통량

【표 4.3.10】 교통량의 성능평가기준

평가기준	평가내용
a	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100\ ]$ 이 100 이상 일때
b	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100\ ]$ 이 90 이상 100미만 일때
c	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100\ ]$ 이 80 이상 90미만 일때
d	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100\ ]$ 이 70 이상 80미만 일때
e	$[\frac{\text{수요예측}}{\text{수요실제}} \times 100\ ]$ 이 70이하 일때

<해 설>

○ 도로 이용객의 이용 편의를 고려하여, 수요실제값 대비 수요예측값의 비율을 분석하고 해당 등급에 따라 평가를 수행한다.

○ 단위는 대/일을 사용한다.

마. 사용성능 평가결과 산정 방법

1) 세부지표별 가중치

도로교량 성능지표의 세부지표는 다음과 같다.

【표 4.3.11】 도로교량의 사용성능 평가지표에 대한 가중치 산정

구 분	포장상태	교량조명	진동사용성	점검시설	교통량
가중치	0.247	0.150	0.202	0.206	0.195

<해 설>

○ 구조형식 및 책임기술자 판단에 따라 평가가 이루어지지 않은 지표는 해당지표의 가중치를 원 가중치 비율을 고려하여 타 지표에 배분한다.

2) 사용성능 평가결과 산정

최종 사용성능 평가결과 산정 절차는 다음과 같다.

$$\text{사용성능평가} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i c_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

여기서, w= 세부지표의 가중치, n = 세부지표의 개수, c= 각 세부지표별 평가결과

3) 최종평가결과

교량 성능평가를 적용할 때, 사용성능 결과를 결함도 지수로 환산한다. 사용성능 평가결과는 아래의 표와 같이 결함도 지수를 활용하여 종합평가에 적용한다.

【표 4.3.12】 평가등급에 따른 결함도 지수

a등급	b등급	c등급	d등급	e등급
0.10	0.20	0.40	0.70	1.00

【표 4.3.13】 등급 산정을 위한 결함도 지수 범위

A등급	B등급	C등급	D등급	E등급
$0 \le X < 0.13$	$0.13 \le X < 0.26$	$0.26 \le X < 0.49$	$0.49 \le X < 0.79$	$0.79 \le X$

바. 사용성능 평가결과 산정 예시

1) 세부지표별 가중치에 따라 시설물의 사용성능등급 산정

【표 4.3.14】 사용성능 평가

성능의 구분	특징	세부지표의 분류	가중치	평가결과	등급점수
사용성능	사용성	포장상태	0.247	c	0.4
		교량조명	0.150	d	0.7
		진동사용성	0.202	e	1
기능성	유지관리성	점검시설의 유무	0.206	c	0.4
	수요 및 용량	교통량	0.195	a	0.1
				결함도 지수	0.508
				등급	D

사용성능 최종 등급을 산정하면, 0.4×0.247(포장상태)+0.7×0.150(교량조명)+1×0.202(진동사용성)+0.4×0.206(점검시설의 유무)+0.1×0.195(교통수요) = 0.508

4.4 종합평가기준 및 방법

4.4.1 종합평가기준

(가) 성능간 가중치 산정

종합평가 성능항목간 가중치는 도로교량의 경우 일반국도, 고속국도 교량으로 구분하여 성능간 가중치를 적용하여 평가한다.

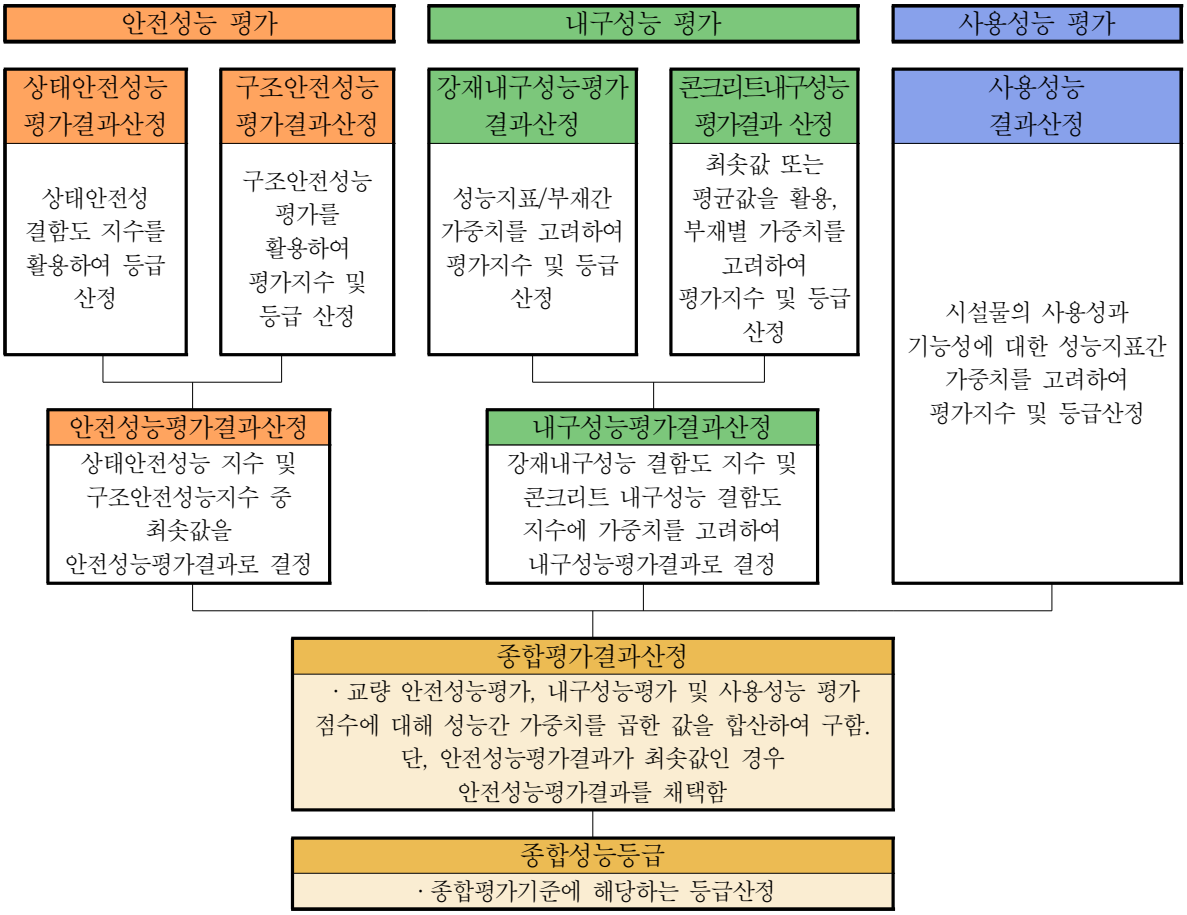
【표 4.4.1】 일반국도교량의 종합평가 산정기준

구분	성능항목		
	안전성능	내구성능	사용성능
성능간 가중치(W_n)	0.68	0.21	0.11

【표 4.4.2】 고속국도교량의 종합평가 산정기준

구분	성능항목		
	안전성능	내구성능	사용성능
성능간 가중치(W_n)	0.68	0.19	0.13

(나) 최종 등급 산정을 위한 평가체계



【그림 4.4.1】 교량의 종합성능등급 지정 절차

4.4.2 종합평가결과 산정 방법

가. 종합평가결과 산정

종합평가 산정시, 각 성능(안전성능, 내구성능, 사용성능)간 결함도 점수를 가중평균하여 종합성능등급 도출한다.

종합평가의 산정방법은 안전성능평가, 내구성능평가 및 사용성능평가결과에 대해 각 성능항목별로 부여된 가중치를 곱한 값을 합산하여 구한다.

단, 안전성능, 내구성능, 사용성능 등급을 비교하여 안전성능 등급이 가장 낮을 경우 구조물의 위험성을 고려하여 안전성능등급을 종합성능등급으로 지정한다.

$$\text{종합평가 점수}(E) = \sum[\text{성능별 결함도 점수}(X_n) \times \text{성능간 가중치}(W_n)]$$

여기서, E_n : 성능별 결함도 점수

W_n : 성능간 가중치

(단, 안전성능이 확보되지 않을 경우, 안전성능등급 = 종합성능등급)

각 성능간 중요도를 고려하여 산정한 교량 종합성능등급은 아래 표와 같다.

【표 4.4.3】 교량 종합성능등급 기준

평가등급	평가점수 범위	시설물의 상태
A (우수)	$0 \le E < 0.13$	외관상 결함, 손상 등의 요인에 대한 문제점이 없고 내구성능 저하 가능성이 낮으며 외부 환경조건 변화 등을 수용할 수 있는 성능 수준
B (양호)	$0.13 \le E < 0.26$	일부 부재에서 경미한 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었으며, 외부 환경조건 등을 고려하여 진행 여부를 지속 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 성능 수준
C (보통)	$0.26 \le E < 0.49$	광범위한 부재에서 결함이나 내구성 저하 가능성이 조사되었고 기능 또는 사용상의 편의에 일부 문제점이 있으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 간단한 보수 또는 보강 및 개선이 필요한 성능 수준
D (미흡)	$0.49 \le E < 0.79$	성능이 기준에 미치지 못하여 시설물의 지속적인 사용이 어려운 수준으로 긴급한 보수·보강 또는 개선이 필요하며 사용제한 여부를 검토해야 하는 성능 수준
E (불량)	$0.79 \le E$	심각한 결함 또는 내구성능 저하로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있거나 기능을 발휘하지 못하는 수준으로 즉각 사용을 중단하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 성능 수준

나. 종합평가결과 산정 예

교량 종합평가결과 산정 방법은 [표 4.4.4]와 같다.

【표 4.4.4】교량 종합성능등급 결과산정 예

시설물 종합성능등급 결과 산정표			
시설물명	일반국도 교량		
평가구분	성능별 결함도 점수 (X_n)	평가등급	성능간 가중치 (W_n)
안전성능 평가	0.257	b	0.68
내구성능 평가	0.214	b	0.21
사용성능 평가	0.459	c	0.11
종합평가결과	= 0.257 × 0.68 + 0.214 × 0.21 + 0.459 × 0.11 = 0.270 ∴ C 등급		

4.4.3 복합구조 형식 종합평가기준 산정

가. 복합구조 형식 종합평가기준

길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 종합성능 결과를 산정한다.

전체교량은 본교, 접속교, 다수의 램프교로 구성되며 각각의 차선수에 따른 폭이 다르므로 차선은 가중치가 되고 연장비 계산에서 연장은 연장에 차선수를 곱한 값으로 한다.

1) 본교

같은 구조형식별로 분류한 후 부재별로 평균한다. 구조형식에 따른 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

(가) 본교 전체의 종합평가

구조형식별 안전성능, 내구성능, 사용성능을 산정한 후 구조형식별 연장비를 고려하여 본교의 안전성능, 내구성능, 사용성능을 산정하고 성능간 가중치를 고려하여 종합성능결과를 산정한다.

【표 4.4.5】 복합구조 형식 본교 종합성능등급 결과산정 예(일반국도의 경우)

구조형식	연장(m)	연장비	안전성능	내구성능	사용성능	종합성능 환산결함도 점수	종합성능결과
강거더교	2,000	0.571	0.257	0.214	0.459	0.270	C
라멘교	1,000	0.286	0.187	0.245	0.242	0.205	B
PSC박스교	500	0.143	0.296	0.278	0.356	0.299	C
본교	3,500	1	0.243	0.232	0.382	0.256	B

(나) 접속교

본교 기준에 준하여 평가한다.

(다) 램프교

램프교의 경우에는 각 램프에 대해 별도로 평가하며, 램프교 전체를 대표하는 종합평가결과는 산정하지 않는다.

4) 전체 교량의 대표 종합평가결과 산정

길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 종합평가 환산 결함도 점수 결과를 산정한다.

【표 4.4.6】 전체교량 복합구조 형식 종합성능등급 결과산정 예

종류	구분	종합성능 환산결함도점수	종합성능결과	연장(m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수 ×연장비
교량	본교	0.256	B	3,500	4	14,000	0.500	0.128
	접속교	0.266	C	3,000	4	12,000	0.429	0.114
	B램프교	0.187	B	200	2	400	0.014	0.003
	C램프교	0.236	B	100	2	200	0.007	0.002
	D램프교	0.625	D	100	2	200	0.007	0.004
	E램프교	0.285	C	300	2	600	0.021	0.006
	N램프교	0.176	B	200	2	400	0.014	0.003
	O램프교	0.294	C	100	2	200	0.007	0.002
								0.262
								C

제 5 장 시설물의 유지관리 전략 제안

5.1 유지관리 전략 제안

5.2 성능목표

5.3 보수·보강 공법

5.4 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

제 5 장 시설물의 유지관리 전략 제안

5.1 유지관리 전략 제안

5.1.1 개요

현재 시설물의 예산 배정 방식은 대부분 시설물 손상 및 결함만으로 결정되며, 관리주체의 주관적 요소가 지배적 결정 요인으로 작용되는 경우가 많다. 또한, 시설물 관리부서의 보수보강예산은 한정되어 있기 때문에 모든 결함을 적기에 보수하기에는 충분치 못한 실정이다. 이와 같이 유지관리 전략 제안에 포함된 모든 조치를 시행하기가 현실적으로 어려울 경우 가용 재원 규모 내에서 가장 효과적인 유지관리 방안을 우선적으로 선정해야한다. 유지관리 전략 제안의 목적은 모든 보수·보강 후보를 대상으로 성능평가지표인 상태안전성능, 구조안전성능, 내구성능, 사용성능에 근거하여 경제적 측면, 환경적 측면, 사회적 영향 등을 고려하여 우선적으로 조치하여야 할 대상을 선정하는데 있다.

5.1.2 유지관리 전략 제안 시 고려사항

일반적인 유지관리 단계의 우선순위 산정 시에는 유지보수 시 발생하는 편익을 개별로 추정하기가 어렵기 때문에 신설 투자 시 적용하는 서비스수준(LOS : Level of Service), 위험도(Risk), 생애주기비용(LCC : Life Cycle Cost) 방법 등을 적용하기는 쉽지 않다. 이는 시설물 관리주체가 유지보수 대상을 선정할 경우 수십~수백개 이상의 시설물을 대상으로 계획을 수립하기 때문에 각 시설물 및 공법별로 정량화하여 분석하는데 많은 시간과 비용이 발생되기 때문이다. 시설물의 보수·보강 공법, 단가 등의 자료를 통해 보수·보강 물량을 산출하고 부재 및 성능간 가중치를 적용하여 유지관리 전략을 제안한다.

5.1.3 유지관리 전략 활용 방안

유지관리 전략 산정결과는 안전성능, 내구성능, 사용성능 등을 고려한 종합적인 평가를 통해 보수·보강 유형별 중요도를 파악하고 다양한 요소를 반영하여 보다 명확하고 객관적 자료 제공할 수 있으며, 이를 통해 의사결정과정의 투명성을 확보할 수 있다.

5.1.4 유지관리 전략 제안 절차

유지관리 전략은 총 5단계로 구성되며, 조치별 비용대비 성능향상 기준으로 대상을 선정하는 방법을 선정한다.

【표 5.1.1】 유지관리 전략제안을 위한 우선순위 절차

구 분	분석 내용
<단계Ⅰ> 대상선정 단계	• 관리주체의 목표 및 방향에 기반하여 성능평가 대상을 도출
<단계Ⅱ> 자료수집 단계	• 시설물별로 성능평가 절차에 의한 평가 결과와 추가 자료를 수집
<단계Ⅲ> 시설물 평가단계	• 성능목표·영향도에 따라 후보 조치별 평가 • 우선순위 선정을 위한 지표도출
<단계Ⅳ> 순위선정단계	• 평가결과를 활용하여 비용효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정
<단계Ⅴ> 예산제약고려단계	• 우선순위 선정 후 예산제약을 감안한 조치 선택

가. 대상선정

관리주체의 목표 및 방향에 기반을 두어 성능평가 대상을 도출한다. 시설물별로 성능평가 절차에 의한 평가 결과와 추가 자료를 수집한다.

나. 자료수집

시설물별로 성능평가 절차에 의한 평가 결과와 추가 자료를 수집한다.

다. 시설물 평가

성능목표·영향도에 따라 후보 조치별 평가를 수행한다. 우선순위 선정을 위한 지표를 도출한다. 각 보수조치별로 비용을 산출한 후 안전성능, 내구성능, 사용성능에 대한 영향도(가중치)를 반영하여 효과지수(Efficiency Index)를 결정한다. 기본적으로 관리주체는 각 조치별로 평가지표를 분석할 수 있는 정보(영향도, 가중치 등)와 개략적인 비용을 산출하여야 한다.

- 부재별 손상별 보수물량 산출
- 표준 단가(건설공사 표준품셈, 건설공사 일위대가 등)를 통해 부재별 비용 산출
- 각 성능항목별 부재별 가중치와 성능간 가중치를 통해 효과지수 산정

* 요소별 가중치는 안전성능, 내구성능, 사용성능의 성능평가인자에 근거하여 설정하나, 해당 조치가 성능평가인자에 미치는 영향에 따라 관리자가 조정할 수 있다.

라. 우선순위 수준 선정

우선순위 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 다음 각 호의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준 이상으로 개선
- 개축

마. 우선순위 선정

성능평가 가중치 및 기타 외부적 요소에 따라 조치별로 평가하여 비용대비 효과가 높은 조치를 선정하고 우선순위를 결정한다. 관리자의 판단에 따라 우선순위지수 (PI : Priority Index)는 낮지만 보수가 필요하다고 판단되는 경우 우선순위를 조정할 경우 소견을 작성하여 시설물의 안전 및 유지관리 계획에 수록하여야 한다.

부재별 손상내역 및 공사비에 가중치를 적용하여 우선순위지수를 산정한다. 각 시설물에 따른 성능간 가중치 및 부재 가중치는 [부록]을 참조하여 선정한다.

$$\text{우선순위지수} = \frac{\sum_{n=1}^{3}(Pn \times En)}{\text{비용}}$$

여기서, P_1 : 성능간 가중치(안전성능)

P_2 : 성능간 가중치(내구성능)

P_3 : 성능간 가중치(사용성능)

E_1: 부재 가중치(안전성능)

E_2: 부재 가중치(내구성능)

E_3: 부재 가중치(사용성능)

※ 부재가중치 = 공법별 가중치 × 영향도

바. 유지관리 전략 제안

우선순위지수를 통해 산정된 보수·보강 우선순위를 통해 유지관리 전략을 제안한다.

* 안전성능, 내구성능, 사용성능에 심각한 영향을 미치는 중대한 결함의 경우는 본 우선순위 기준과 상관없이 즉각적으로 보수 · 보강하는 것으로 한다.

5.2 성능목표

대상시설물의 적절한 안전수준과 장기적인 유지관리의 효율성을 확보하기 위해 합리적인 시설물의 성능목표를 설정한다.

5.2.1 성능목표 선정 기준

【표 5.2.1】 성능목표 설정 시 고려되어야 할 사항

구분		고려사항							
		사용성 및 기능성			주변 환경			지진 구역계수	공용 연수
					동해 환경	해안 이격거리	강설 일수		
교량	도로교량	일교통량	중차량 통행량	차단 시 우회거리	○	○	○	○	○

시설물의 중요도나 향후 전면적인 개보수, 개축 등에 따라 관리자가 성능목표 등급을 조정할 수 있다.

관리주체는 기존 성능목표 조건 외에 위험도 및 취약도를 고려하여 성능목표 등급을 상향 조정할 수 있다.

* 지진, 기후변화(홍수 또는 열화진전 · 환경 등) 관련 영향인자가 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우 이를 정성적으로 평가

상위계획에 근거하여 전면개보수, 개축, 폐쇄 등이 확정되어 있는 경우에는 성능목표 등급을 하향 조정할 수 있다.

* 시설물 개보수, 개축, 폐쇄 등이 차기 성능평가 주기(5년)내에 시행되는 경우에만 해당

【표 5.2.2】 도로교량의 성능목표 등급 선정 기준

구분	항목	내용	평가등급	
			모든 조건 해당	나머지
도로교량	일교통량[1)]	구간당 일반국도: 10,000대 이상	상B	하B
		구간당 고속국도: 20,000대 이상		
	중차량 통행량	차선당 일반국도: 1,000대 이상		
		차선당 고속국도: 2,000대 이상		
	대상교량의 차단 시 우회거리	5km 이상		

주1) 일교통량 자료가 없는 경우에는 인접지점의 자료에 근거하여 관리자가 선정할 수 있다.

【표 5.2.3】 주변 환경 성능목표 등급 선정기준

구분			내용	평가등급
동해환경	지속적인 수분접촉		50 ≤ X	A
			3 ≤ X < 50	B
			X < 3	C
	지속적인 수분접촉 없음		50 ≤ X	B
			3 ≤ X < 50	C
			X < 3	D
해안 이격거리	동해안	전지역	비말대[1] < Y ≤ 250	A
	서해안	고창, 태안	비말대 < Y ≤ 500	
		그 외 지역	비말대 < Y ≤ 120	
	남해안	사천, 거제	비말대 < Y ≤ 50	
		그 외 지역	비말대 < Y ≤ 10	
	동해안	전지역	250 < Y ≤ 500	B
	서해안	고창, 태안	500 < Y ≤ 1,000	
		그 외 지역	120 < Y ≤ 300	
	남해안	사천, 거제	50 < Y ≤ 100	
		그 외 지역	10 < Y ≤ 20	
	동해안	전지역	500 < Y	C
	서해안	고창, 태안	1,000 < Y	
		그 외 지역	300 < Y	
	남해안	사천, 거제	100 < Y	
		그 외 지역	20 < Y	
강설일수	14 ≤ Z			A
	7 ≤ Z < 14			B
	Z < 7			C

* X : 동결융해 반복일수(지난 10년간 동절기(11월1일~3월31일)동안 최저기온이 −2.2℃보다 작고 일 최고기온이 0℃보다 높으며 강수량이 0mm이상인 경우를 1회로 지정한 싸이클 수
Y : 해안으로부터의 거리(m)(해안(만조시)으로부터 직선거리)
Z : 강설일수(최심신적설(하루동안 내린 눈이 최대로 깊었던 적설량))이 0mm초과인 경우를 1회로 측정하여 10년간의 강설일수의 평균값

주1) 비말대 : 해수가 직접 닿지는 않으나 파도가 칠 때 튀어오르는 물방울이 미치는 범위

【표 5.2.4】 지진구역계수 성능목표 등급 선정기준

지진구역	내용		평가등급
Ⅰ	시	서울특별시, 부산광역시, 인천광역시, 대구광역시, 대전광역시, 광주광역시, 울산광역시, 세종특별자치시	A
	도	경기도, 강원도 남부[1], 충청북도, 충청남도, 전라북도, 전라남도, 경상북도, 경상남도	
Ⅱ	도	강원도 북부[2], 제주도	B

주1) 강릉시, 동해시, 삼척시, 원주시, 태백시,영월군, 정선군
주2) 속초시, 춘천시, 고성군, 양구군, 양양군, 인제군, 철원군, 평창군, 화천군, 홍천군, 횡성군

【표 5.2.5】 공용연수 성능목표 등급 선정기준

공용연수(년)	평가등급
40년 이상	A
30년 이상 ~ 40년 미만	B
20년 이상 ~ 30년 미만	C
10년 이상 ~ 20년 미만	D
10년 미만	E

5.2.2 성능목표 등급 선정 방법

【표 5.2.6】 등급 점수 범위 및 대표 점수

구분		A	B		C	D	E
			상B	하B			
도로 교량	점수	0.10	0.2		0.40	0.70	1.00
			0.16	0.23			
	범위	0≤X<0.13	0.13≤X<0.20	0.20≤X<0.26	0.26≤X<0.49	0.49≤X<0.79	0.79≤X

【표 5.2.7】 평가지표별 가중치 및 성능목표 등급 선정

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표 = (1)×0.8 + [{(2)+(3)+(4)}/3]×0.1 + (5)×0.08 + (6)×0.02						

* 성능목표 선정 시 제외되는 지표가 있는 경우 원 가중치의 비율을 고려하여 가중치의 합이 1이 되도록 가중치를 조정할 수 있다.
* 주변 환경은 조사된 동해환경, 해안이격거리, 강설일수 성능목표의 평균값을 적용한다. 만약 성능목표 선정 시 제외되는 지표가 있는 경우 해당 지표를 제외한 나머지 지표의 평균값을 적용한다.

【표 5.2.8】 교량 성능목표 등급 산정 예

구분	사용성 및 기능성 (1)	주변 환경			지진 구역계수 (5)	공용 연수 (6)
		동해환경 (2)	해안 이격거리 (3)	강설일수 (4)		
평가등급	상B	B	B	C	B	D
평가점수	0.16	0.2	0.2	0.4	0.2	0.7
가중치	0.8	0.1			0.08	0.02
성능목표	= 0.16×0.8 + [{0.2+0.2+0.4}/3]×0.1 + 0.2×0.08 + 0.7×0.02 = 0.18(상B)					

5.3 보수·보강 공법

구조물에 대한 보수는 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수의 수준을 정한다.

통상 보수는 구조물에 작용한 위해요인에 의해 발생된 구조물의 손상을 치유하는 것을 말하며, 보수를 위해서는 현장조사결과와 상태안전성능평가 결과 등을 정밀검토한 후에 보수의 필요성, 공법 및 그 수준을 정한다.

5.3.1 보수·보강 추진방향 및 우선순위의 선정

본 교량에 대한 정밀안전점검을 수행한 결과, 본 구조물은 시공 시 시공 정밀도의 저하로 인하여 발생된 구조물의 결함(Defect)과 공용 중 시간의 경과와 주변의 환경인자에 의한 재료의 열화에 의한 손상(Damage)이 발생하여 있는 것으로 조사되었다.

점검 시 조사된 신축이음의 공용 중 손상, 콘크리트의 균열, 박리, 박락 등의 손상 및 결함에 대해서는 가능한 한 조속한 보수·보강을 실시하는 것이 원칙이나, 경제적이고 효율적인 보수·보강 작업을 위해 손상 및 결함이 구조물의 안전성에 미치는 영향을 고려하여 다음과 같이 우선순위를 부여하였다.

【표 5.3.1】 보수·보강 우선순위 결정 기준

구분	순위	내 용
단기	1순위	• 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』 제12조(중대한 결함)의 “대통령이 정하는 중대한 결함”에 포함되는 손상 – 철근콘크리트 시설물의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실 등 •주요부재에 발생된 결함 및 손상이 커 상태안전성능평가 기준 “d” 이하인 경우 •철근부식에 의한 내하력 저하가 우려되거나, 부식가능성이 큰 경우
중장기	2순위	• 보조부재에 발생된 결함 및 손상이 커 내구성에 영향을 미치는 경우 • 상부 차량 통행에 지장을 줄 수 있는 손상 • 즉각적인 보수는 요구되지 않지만 내구성, 기능성, 사용성 저하방지를 위한 보수가 필요한 경우
	3순위	• 기능발휘에는 지장이 없으나, 방치시 규모가 증대될 수 있는 손상 및 사용성 증진을 위해 보수가 필요한 손상
유지관리		• 1~3순위를 제외한 손상으로서 유지관리를 통해 향후 발전상태에 따라 보수보강 여부를 판단할 수 있는 정도의 손상 – 콘크리트의 0.2㎜이하의 비구조적 미세균열(단, 균열집중구간은 제외) – 경미한 강재의 용접결함 – 후타재 등의 보조부재에서의 주행에 지장을 주지 않는 균열 등의 손상 (빈번한 차량통행으로 인한 보수효과가 없는 경우, 향후 교체가 시행될 부재 등) – 기타 경미한 손상으로서 내구성 및 사용성에 지장을 주지 않은 경우

주) 단, 최초진단인 경우 “유지관리”에 해당하더라도 하자에 해당하는 경우 하자처리절차에 따라 보수토록 조치함

5.3.2 결함내용별 보수·보강방안

가. 콘크리트 균열보수 방안

1) 점검 현황

본 교량에 상·하부 구조에 발생된 균열은 대부분 Cw=0.2㎜이하의 미세균열로 표면처리보수 및 주의관찰이 필요하며, Cw=0.3㎜이상 균열은 주입보수가 필요한 것으로 판단된다.

2) 콘크리트 표면처리공법(c/w=0.3㎜미만)

① 공법 개요

콘크리트 표면이 노후 및 열화된 부위에 대해서 그라인더를 이용하여 열화부위를 제거하고 표면보호제를 도포하여 보수하는 방법이며 표면백태, 0.2㎜ 이하의 미세균열의 발생 부위에 적용한다. 또한, 보수 효과는 콘크리트 표면의 보수에 그치므로 본 공법 적용시 균열 등의 결함발생 여부에 대한 주기적인 관찰이 요구된다.

② 시공방법 및 유의사항

균열의 성장이 정지된 상태에서는 균열선 및 백태를 따라 폭 50~100㎜를 와이어 브러쉬로 닦아 내거나 심한 경우 치핑을 실시한 후 폴리머 시멘트 페이스트나 므르터로 균일하게 도포한다.

균열폭의 변동이 큰 경우에는 경화후의 재질이 단단한 폴리머 시멘트 페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 균열면을 와이어 브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15㎜ 절연재를 부착하고, 절연재를 중심으로 폭 30~50㎜, 두께 2~4㎜의 변형성 및 신장성이 큰 씰링재를 도포하여 바닥의 변형을 이 테이프사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

표 면 처 리	콘크리트 열화부위, 백태발생 부위를 그라인더 등을 이용하여 표면처리 한다.
↓	
표 면 청 소	콘크리트 표면처리후 고압살수기를 이용하여 표면을 고압세척한다. 고압세척의 압력은 노즐 TIP에서 5,000 PSI (350kg/㎠)의 압력으로 한다.
↓	
표면보호제 도포	표면보호를 위하여 표면 보호제를 도포한다. 제품 선정 후 제품의 시방규정에 의한 표준 도포량을 확인한다.

【그림 5.3.1】 콘크리트 표면처리 시공순서도

3) 균열주입보수(c/w=0.3㎜이상)

① 개요

균열(0.3㎜이상)부에 수지를 주입하면 콘크리트와 일체를 이루어 콘크리트의 방수성을 향상시켜서 내부 철근의 부식방지 및 콘크리트의 열화방지에 효과적이다.

균열보수는 균열 폭 및 균열깊이, 균열의 형태, 구조적 안전성 여부 등을 종합적으로 판단하여 보수 목적에 따라 가장 유리한 보수 대책을 선정하여야 한다. 또한, 균열보수는 균열 폭과 균열깊이를 고려하여 이에 적합한 주입속도, 점도 및 양생 속도를 갖는 수지재료를 사용하여야 한다.

② 수지주입공법의 종류

균열 주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식, 저압·저속식 주입 및 자동주입식 기계주입공법이 있으며, 이 중 저압·저속식 주입은 주입량 파악이 쉽고 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있어 유리하다.

【표 5.3.2】 수지주입공법의 종류

압입식 공법	흡입식 공법
• 수동식 주입 : 인력 • 기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 • 저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력 • 자동주입식 기계주입 : 자동주입기	• 균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입주입

【표 5.3.3】 균열폭에 알맞은 수지의 점도

형 상		점도(20℃, cp)	주입 가능한 균열 폭
액 상	저점도	500±200	0.1㎜ 전후
	고점도	1,500±500	0.2㎜ 전후
Gel 상태		6,000±1,000	0.5~5.0㎜ 전후

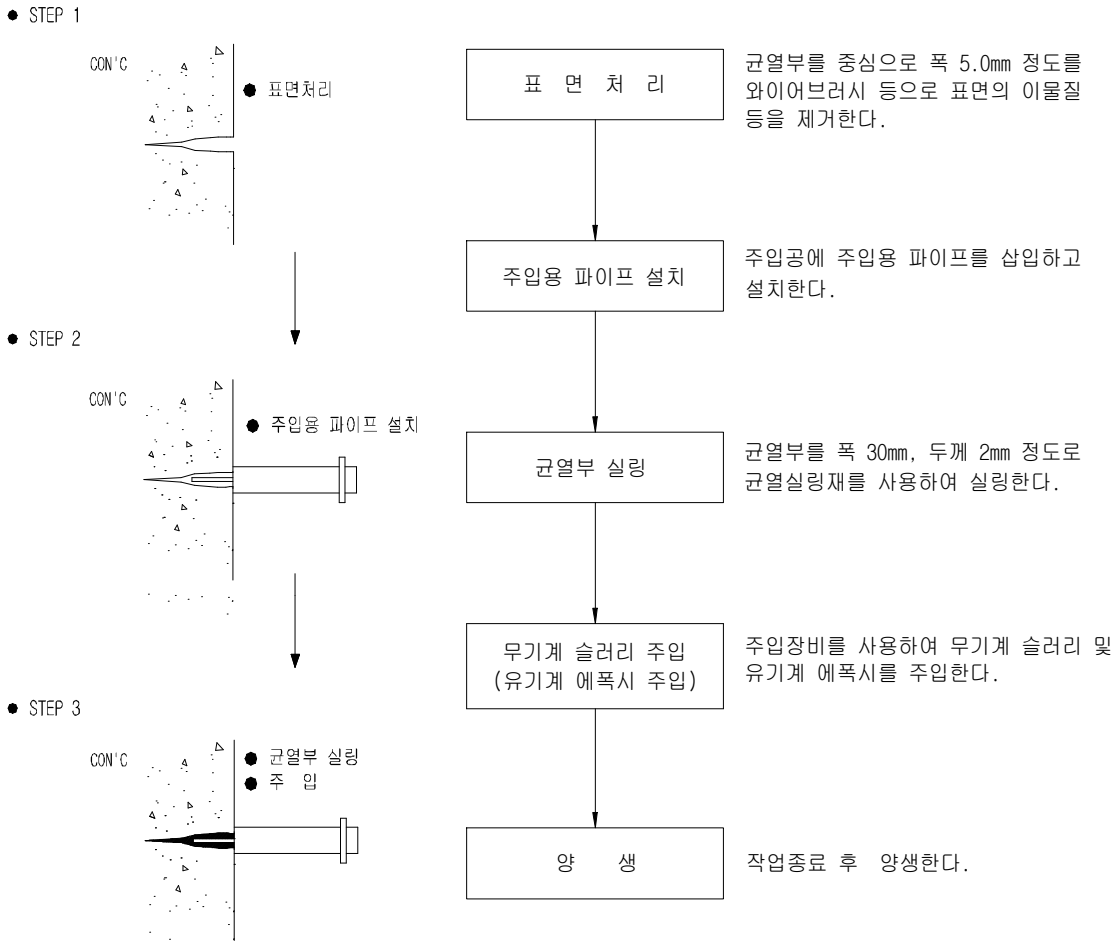
【표 5.3.4】 균열폭에 따른 주입파이프/패커의 간격

균열 폭(㎜)	주입파이프/패커간격(㎜)	비고
0.3이하	50~100	
0.3~0.5	100~200	
0.5~1.0	150~250	
1.0이상	200~300	

【표 5.3.5】 에폭시계 수지의 규격

시험항목	시험방법	시험조건	씰링 및 퍼티용 규격치	주입용 규격치
비 중	KS M 3015	20℃ 7일간	1.7±0.2	1.2±0.2
사용가능시간	온도상승법	20℃	60이상	30이상
점 도	JIS K 6838	〃	-	5,000이하
압축항복강도	KS M 3015	20℃ 7일간	6.0이상	6.0이상
휨강도	〃	〃	3.5이상	4.0이상
인장강도	〃	〃	2.0이상	2.0이상
압축탄성계수	ASTM D 695	〃	0.1~0.6	0.1~0.6
인장전단강도	KS M 3722	〃	100이상	100이상
충격강도	KS M 3015	〃	0.15이상	0.3이상
경 도	ASTM D 2240	〃	80이상	80이상

③ 시공방법

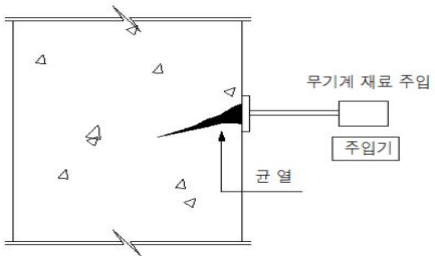
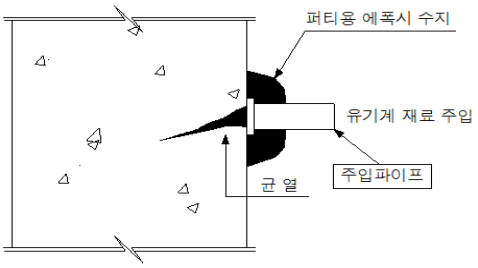


【그림 5.3.2】 균열 보수공법 개요도

④ 시공시 주의사항

- 대기온도가 10~30℃일 때 시공 가능하며, 우천시는 중지한다.
- 에폭시계 수지는 사용에 앞서 현장에서 시공시의 기온에 대응하는 경화시간을 설정하여 균열 주입 효과를 높이도록 한다.
- 사용하는 에폭시계 수지는 적당한 루트마다 시험을 실시하여 품질을 확보한다.
- 씰링 및 표면 마감면은 주입압에 견디도록 충분히 양생한다.
- 주입된 에폭시계 수지가 경화한 후에는 주입 파이프를 절단하고 씰링재와 함께 그라인더로 갈아 평탄하게 표면처리 한다.

【표 5.3.6】 주입공법 공법비교안

구 분	폴리머 슬러리시멘트 주입공법	에폭시 주입공법
개요도		
공법 개요	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 무기계재료인 폴리머 슬러리시멘트를 주입기를 통하여 주입하는 공법	균열부위를 컷팅하고 균열부를 씰링한 후에 유기계 재료인 에폭시를 주입기를 통하여 주입하는 공법
시공 방법	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→균열부 씰링→폴리머슬러리시멘트주입→단면복구	표면처리→U.V컷팅→주입기설치→ 균열부 씰링→에폭시주입→단면복구
특징	- 품질관리가 용이, 재균열 발생우려 없음 - 균열보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 - 콘크리트 모체와 동등한 탄성계수, 열팽창계수, 투수성 확보 - 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 - 보통형식의 것은 경화시간이 늦고 공기가 길어짐 - 공정이 다소 복잡하여 시공전문가필요 - 유기계에 비해 접착강도 떨어짐	- 인장, 휨강도가 우수함 - 건조한 환경에 유리함 - 경화시간이 빠름 - 시공실적 다수 - 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움 - 주입압력이 크면 균열이 확대되므로 주의 - 탄성계수, 열팽창계수가 콘크리트와 다름

나. 콘크리트 표면처리 방안

1) 진단 현황

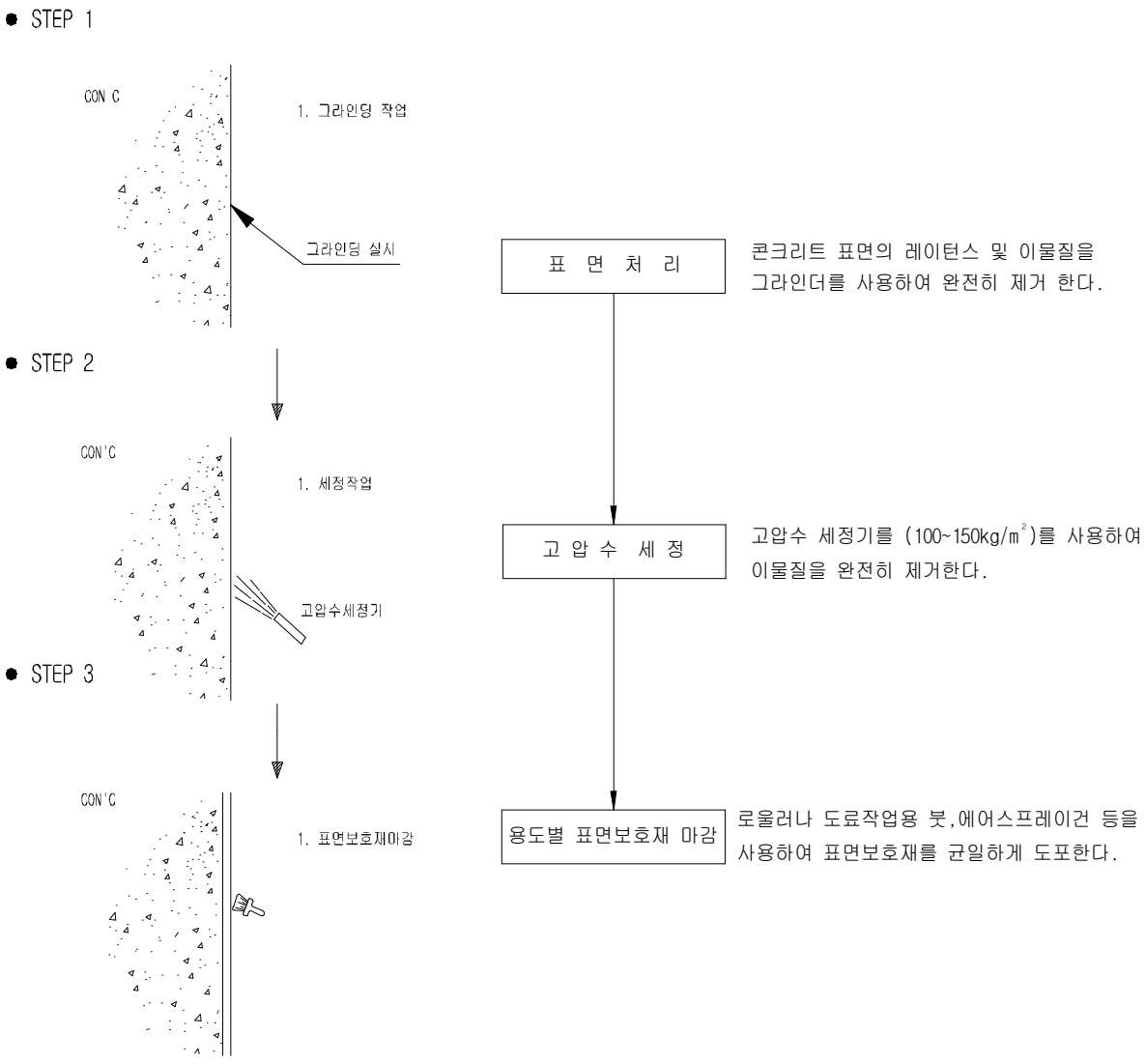
본 교량의 표면손상은 백태, 표면오염, 누수 및 누수흔적(오염) 등이 조사되었다.

조사된 손상은 우선순위에 따라 보수가 필요하며, 국부적으로 발생된 경미한 표면손상은 현 상태에서 보수의 필요성은 없는 상태이며, 향후 주기적인 점검이 필요하다.

2) 표면처리(보수)공법 개요

콘크리트 표면 열화부 및 백태 혹은 미세균열이 발생된 부위에 적용하는 보수 공법으로서 손상이 발생된 부위에 도막을 형성하여 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용한다.

3) 시공방법



【그림 5.3.3】 표면처리 보수공법 개요도

3) 시공순서 및 유의사항

표면처리 사용재 종류

· 폴리머 시멘트 페이스트
· 시멘트 필라
· 도막탄성 방수재(아크릴 수지계)
· 도막탄성 방수재(우레탄 수지계)

시 공 순 서

유 의 사 항

① 표면 피복할 범위를 도면 화하고 구조물 부위에 표시
② 손상부위를 피복할 부위의 청소는 다소 여유있게 와이어 브러쉬, 전통대패 등으로 실시
③ 바탕처리가 필요한 경우는 주걱으로 눌러서 표면 공극이나 흠집을 충분히 메움
④ 표면 바탕처리 후 경화가 완료되면(2~3일) 고운 사포를 이용하여 표면을 갈아내고 미분을 털어냄
⑤ 재료의 점도를 비롯한 물성 특성을 고려하여 붓으로 바르거나 에어레스 스프레이를 이용하여 초벌 바름
⑥ 표면 도막의 두께는 각 겹단 일정한 두께로 형성하는 것이 보수효과와 내구성 측면에서 유리
⑦ 표면피복이 완료된 후는 주변 분진 또는 오물이 피복 면에 흡착되지 않도록 보호막을 설치
⑧ 표면처리 공법 시공시 일부구간에 박락 또는 손상 등이 있는 구간은 충전공법을 병용할 수 있도록 조치

다. 콘크리트 단면보수 방안

1) 점검 현황

본 교량의 단면손상은 박리, 박락, 재료분리, 파손, 철근노출 등이 조사되었다.

조사된 손상은 우선순위에 따라 보수가 필요하며, 국부적으로 발생된 경미한 단면손상은 현 상태에서 보수의 필요성은 없는 상태이며, 향후 주기적인 점검이 필요하다.

2) 단면복구(보수)공법 개요

콘크리트 단면 결손부중 박락(파손) 및 철근 노출부는 내구성 저하방지를 위하여 단면복구(보수)공법을 사용하여 보수를 실시하는데, 콘크리트 표면을 피복하여 철근부식 등의 내구성 저하의 원인이 되는 물질의 침투를 억제함으로서 구조물의 내구성 저하를 방지하는 공법으로서 침투막제, 접착제, 단면 보수재, 철근방청재의 조합에 의한 공법으로 본 교량에서는 상기한 결함 중 콘크리트 파손부 및 철근노출, 부식부에 대한 보수방법으로 사용한다.

3) 단면복구(보수)시 털어내기 작업

단면복구(보수)시 털어내기 작업은 콘크리트 표면의 상황을 봐서 판단하는 것이 아니고 다음의 항목 및 【그림 5.3.4】를 참고하여 털어내기 범위나 형상을 결정하는 것이 좋다.

① 열화부분을 고려한 털어내기 범위

보수 개소의 콘크리트를 털어낼 때에 탄산화 등에 의한 취약한 부분을 남기면, 기설 콘크리트와 복구재료와의 충분한 부착강도를 얻을 수 없을 뿐 아니라, 균열이나 철근부식 재발의 원인이 된다. 따라서, 부재 내력에 영향을 미칠 수 없는 범위에서 열화부분을 모두 제거 할 필요가 있다. 열화부분을 효과적으로 확인하기 위해서는 탄산화깊이나 알칼리 반응성 생성물의 측정 등 열화요인과 관련된 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

② 철근의 녹을 고려한 털어내기 범위

콘크리트의 열화부분을 충분하게 제거하여도 철근의 부식범위는 이 부위보다 넓은 경우가 대부분이다. 이 경우는 박락되어 노출된 부분의 철근 청소를 실시하여도 그 전후는 녹이 잔존한 채 남아있게 된다. 이 상태에서 단면복구(보수)를 실시하면 보수된 범위는 마이너스(−), 그 전후는 플러스(+)의 macro cell 부식이 생겨서 철근부식이 주위로 확산되어 보수효과가 적어지는 결과를 나타내는 경우가 많다.

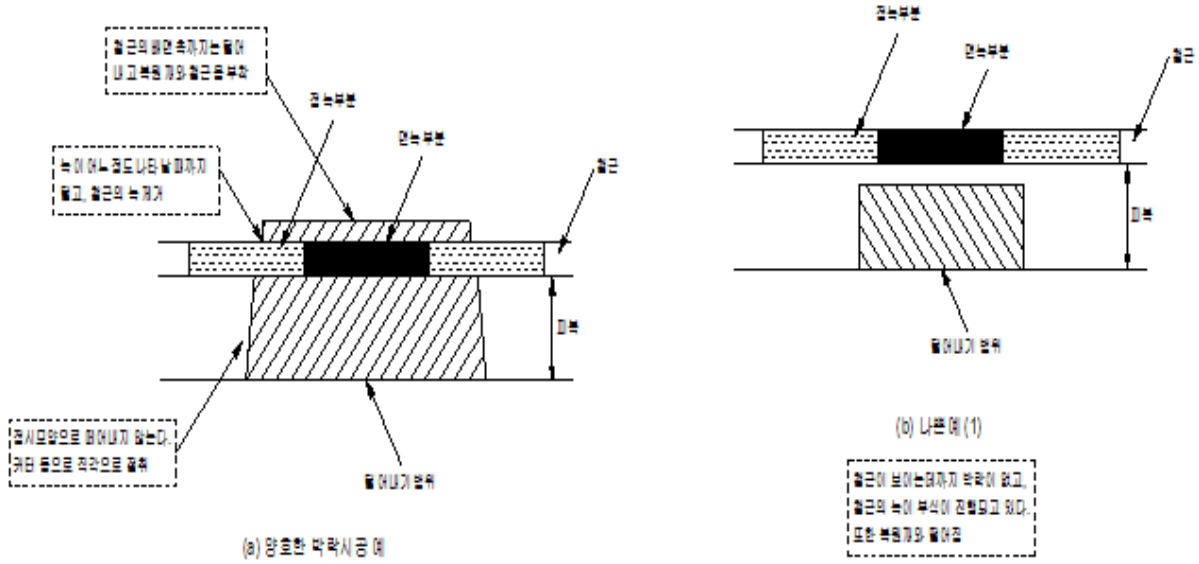
따라서, 녹제거를 확실하게 할 수 있도록 철근표면의 전면에 녹이 나오고 있는 부분(면녹의 부분)뿐만 아니라, 이것과 인접하면서 녹이 점상으로 나타나는 비교적 건전한 부분(점

녹의 부분)이 드러나는 범위까지 털어낼 필요가 있다. 한편, 털어내기 전에 면 녹의 범위를 파악하기 위해서는 자연전위 보정법에 근거하고 보정자연전위에서 −350mV보다 낮은 전위를 가리키는 부분이 이것에 해당한다.

또한 같은 이유로 녹의 제거는 철근의 전 주변에 대하여 실시하여야 하고, 철근은 박락된 부분(면)에서부터 뒷부분까지 파취할 필요가 있다. 이것은 단면복구(보수)재가 철근을 둘러싸는 것에 의한 부착성 향상에도 유효하다.

③ 털어내기 형상

콘크리트와 단면복구(보수)재와는 일반적으로 열팽창율이 다르기 때문에 복구재의 단부가 접시형상으로 되어 있으면, 온도신축에 의해 그 부분으로부터 박리현상을 보이는 우려가 있다. 이것을 방지하기 위해 털어내기시 단부가 접시형상으로 되는 것을 피하고, 될 수 있는 한 수직에 가까운 각도로 깊이 털어내는 것이 중요하다.



【그림 5.3.4】 단면복구(보수) 상세도

4) 철근의 방청 처리

털어내기에 의해 노출된 철근의 녹 제거는 특히 정성껏 실시할 필요가 있다. 일반적으로 와이어브러시를 이용할 수 있는 것이 많지만, 보다 확실한 녹제거 방법은 샌드 블라스트, 워트제트 등을 쓰는 것이 좋다.

녹을 제거한 후는 철근에 방청재를 도포한다. 방청재에는 녹방지 도료, 아질산염계 방청재, 염분흡착제를 사용한 시멘트계 방청형 보수재가 있다. 일반적으로 철근부식의 억제는 철근부식효과가 있는 아질산염 이온이 함유된 것이 효과적이다.

액산의 아질산칼륨이나 아질산리튬을 철근이나 박락면에 직접 도포하여 아질산염이온을 같이 배합한 아질산염계 방청재가 있다. 염화물에 의한 부식의 경우 유효한 도포량은 아질산 이온량과 염화물량의 비율을 관리하여야 하며 많은 양의 충전이 필요한 경우 Paste나 모르터 등을 혼합하여 사용하는 등의 검토가 필요하다. 또한 최근 개발된 염분흡착재를 이용한 방청재는 해수성분을 함유한 수분이 있는 개소의 철근부식에 대응하여 아질산 이온을 도입 또는 함유한 염화물량의 저감효과가 있다.

염분흡착재는 콘크리트 제체중의 유해한 염화물이 흡착되어 저감되어지는 동시에 염분흡착제 자신이 기다리고 있는 아질산 이온을 방출하는 것에 의해 높은 방식재 효과를 얻을 수 있다.

5) 단면복구(보수) 재료

복구재의 선정은 열화의 요인, 손상 상황, 누수 상황 등을 감안하고, 기설의 철근이나 콘크리트와의 부착성, 시공성, 재료특성 등을 평가하고 시공개소에 적합한 것을 채용 할 필요가 있다. 특히 사용실적이나 적절한 시험방법 등에 의해 품질, 성능을 확인할 수 있는 복구재를 사용하는 것이 바람직하다. 단면복구(보수)재는 저수축성이 요구되며, 복구재 충전 후 경화전에 우려할만한 차량 진동을 받는 부위는 조강형을 사용하고, 아치부나 슬래브 하면 등 시공성을 중시할 경우는 경량형을 사용하고, 거푸집을 설치해서 충전할 경우는 고유동형을 사용하는 방안을 검토하여야 한다.

일반적으로 단면복구(보수)재를 충전하기 전에 프라이머를 도포하는 경우가 많다. 프라이머는 기설 콘크리트와 복구재의 부착성 향상을 목적으로 한 에폭시 수지계, 복구재의 수분이 기설 콘크리트에 흡수되어 경화에 필요한 수분이 결핍하는 「드라이 아웃」방지를 목적으로 한 수성 에멀션을 주재로 하는 재료 등이 있다.

【표 5.3.7】 일반적인 단면 복구(보수)재의 분류

분 류		개 요
유기계	수지모르터 (에폭시수지 등)	• 에폭시 등의 수지와 잔골재를 이용한 모르터로 고강도, 수밀, 경량, 접착성이 뛰어나고 섞어쓰기 용이하나 고가임
무기계	폴리머 시멘트 모르터	• 시멘트에 SBR, 포키시 등의 수지를 첨가한 모르터로 고강도, 수밀성 양호
	무수축 모르터	• 팽창재가 함유된 건조수축을 보상하는 것에 의해 억제하는 모르터

6) 단면복구(보수)시 유의 사항

① Lath 철망이나 Wire Mesh를 끼울 경우는 박리현상이 발생되지 않게 충분히 고정한 뒤 단면복구(보수)재를 충전한다.

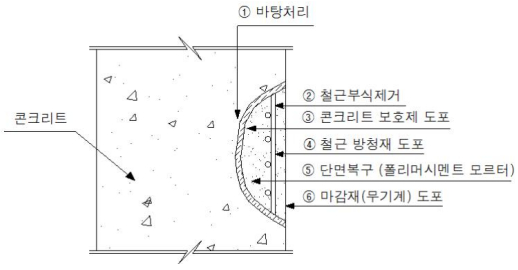
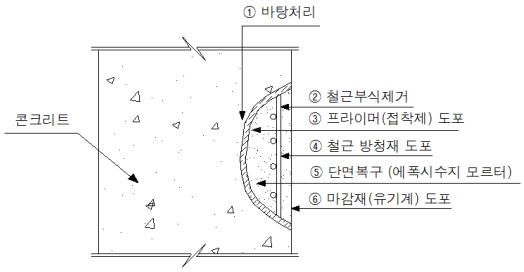
② 철근방청재, 프라이머, 단면복구(보수)재는 동일 제작사의 제품을 사용하거나 서로 양호한 조합의 물건을 이용한다.

③ 보수 깊이가 깊은 개소의 충전은 여러층으로 시공할 경우 경계부위가 부착상의 약점이 되기 쉬우므로 정확한 작업이 요구된다.

④ 보수한 단면복구(보수)재가 낙하할 가능성이 있는 부위는 중점적으로 검사 및 점검을 실시한다. 또한, 재료의 선택에 따라 신구콘크리트접착재의 도포가 필요할 경우에는 도포 후 단면복구(보수)를 실시한다.

⑤ 털어내기 작업시 콘크리트 분진으로 인한 대기오염을 방지하기 위해 집진시설이나 물분사 등을 실시하여 도로주변의 환경오염에 주의하여야 한다.

【표 5.3.8】 단면복구(보수) 공법비교안

구 분	폴리머시멘트 모르터 공법	에폭시수지 모르터 공법
개 요 도		
공법개요	• 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 콘크리트 보호제를 도포한 후 철근을 방청하고 무기계인 폴리머시멘트 모르터로 단면을 복구한 후 무기계 마감재로 마감하는 공법	• 콘크리트 손상부위 및 철근의 부식을 제거하고 접착제를 도포한 후 철근을 방청하고 유기계인 에폭시수지 모르터로 단면을 복구한 후 유기계 마감재로 마감하는 공법
시공방법	• 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 콘크리트 보호재(침투성) 도포 → 철근 방청제 도포 → 폴리머시멘트 모르터로 단면복구 → 마감재(무기계)도포	• 치핑/고압수 세척 → 철근 부식제거 → 프라이머(접착제) 도포 → 에폭시수지 모르터로 단면복구 → 마감재(유기계) 도포
특 징	• 철근의 방청효과가 우수하고 재부식 확률이 없음 • 철근 노출부 보수의 일괄적인 공정에 대한 재료 및 시방확보 • 폴리머시멘트의 사용으로 콘크리트 중성화 방지 효과가 우수함 • 수용성인 무기계 재료의 사용으로 습윤지역 시공이 가능함 • 일반적으로 한번의 시공두께가 얇기 때문에 목표두께가 두꺼울 경우 공정이 증가함 • 보통 형식의 것은 경화시간의 늦고 공기가 길어짐	• 인장, 휨강도가 콘크리트보다 우수함 • 재료 자체의 접착성 및 내마모성이 우수함 • 재료비가 폴리머 시멘트에 비해 저가임 • 경화시간이 빠름 • 방청효과가 확실하지 않음 • 유기계 재료로서 통기성이 없으므로 재부식 발생 우려 • 습기가 있는 부분에서는 접착력이 떨어지며 품질관리가 어려움

5.4 성능목표에 따른 보수·보강 방법 및 전략제안

5.4.1 보수 개략공사비

각 시설물별 개략공사비는 시설물편에 수록하였다.

5.4.2 성능을 고려한 투자우선순위

각 시설물별 투자우선순위는 시설물편에 수록하였다.

5.4.3 유지관리 전략 제안

관리주체는 관할 내 교량의 경제성(교통량, 투입비용, 향후교통량), 검토사항(시공성, 제 3 대상 위험도, 노선, 환경), 사고위험 등을 종합적으로 고려하여 다수의 시설물 중 보수의 우선순위가 높은 시설물을 결정하고, 개별시설물의 비용효과 분석을 통해 선정된 시설물 내의 부재별 보수·보강 우선순위를 결정하여 유지관리를 실시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

다만, 부재별 우선순위를 선정할 때 부재 내의 손상의 경중을 고려한 것이 아닌, 부재별 총공사비와 해당 부재의 가중치를 비교하여 도출된 결론으로써 부재별 보수·보강의 효율성을 판단하는 것이므로 우선순위가 높은 부재라고 하더라도 그 부재가 주요손상을 포함하고 있다고 할 수는 없다. 그러므로 보수를 실시하고자 할 때 주요 손상에 대해 우선적으로 보수를 하고 순위별로 순차적으로 보수 조치를 취하도록 한다.